
DIPLOMARBEIT

Herr

Filip Andic

**Vergleich unterschiedlicher
Lüftungssysteme für Ein- und
Mehrfamilienhäuser mit
technischer und
wirtschaftlicher Betrachtung**

Mittweida, 2016

DIPLOMARBEIT

Vergleich unterschiedlicher Lüftungssysteme für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit technischer und wirtschaftlicher Betrachtung

Autor:

Herr Filip Andic

Studiengang:

Maschinenbau/Gebäudetechnik

Seminargruppe:

KM10wGVA-F / MB-VB-12

Erstprüfer:

Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut Lindner

Zweitprüfer:

Dipl. Ing. (FH) Matija Marjanovic

Einreichung:

Mittweida, 30.09.2016

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2016

DIPLOMA THESIS

Comparison of different ventilation systems for single- and more family houses with technical and economic contemplation

author:
Mr. Filip Andic

course of studies:
Mechanical/Facilities Engineering

seminar group:
KM10wGVA-F / MB-VB-12

first examiner:
Prof. Dr. Dr. h.c. Hartmut Lindner

second examiner:
Dipl. Ing. (FH) Matija Marjanovic

submission:
Mittweida, 30.09.2016

defence/ evaluation:
Mittweida, 2016

Bibliografische Beschreibung:

Andic, Filip:

Vergleich unterschiedlicher Lüftungssysteme für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit technischer und wirtschaftlicher Betrachtung – 2016. Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau/Gebäudetechnik, Diplomarbeit, 2016

Referat:

Diese Arbeit befasst sich hauptsächlich damit, die verschiedensten Systeme der Lüftung für Ein- und Mehrfamilienhäuser zu erklären. Weiters wird die Wichtigkeit der Lüftung für die Menschen und die Gebäude analysiert und beschrieben. Zum Schluss wird noch ein Vergleich erstellt, um die technisch und wirtschaftlich geeignetste Variante zu finden, um ein Wohngebäude (Mehrfamilienhaus) mit einem Lüftungssystem auszustatten. Dabei müssen die Effizienz, sowie die Anschaffungs- und Wartungskosten berücksichtigt werden. Die Erfüllung der Normvorschriften, die Betriebskosten sowie die Effizienz des Lüftungssystems stehen dabei im Vordergrund.

I. Inhalt

I.	INHALT	I
II.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
III.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	V
1.	EINLEITUNG	1
1.1	Motivation	1
1.2	Aufbau der Diplomarbeit	2
1.3	Zielsetzung	2
2.	GRUNDLAGEN	3
2.1	Luft	3
2.1.1	Durchschnittliche Aufenthaltszeiten der Menschen	4
2.1.2	Luftbedarf des Menschen	5
2.2	Raumluft	5
2.2.1	Schadstoffe in der Raumluft und deren Auswirkungen	5
2.2.2	Grenz- und Richtwerte der Raumluft	9
2.3	Auswirkungen auf das Gebäude	12
2.3.1	Gebäudeluftdichtheit	12
2.3.2	Schimmelpilzbefall	12
2.3.3	Lüftungswärmeverlust	14
2.4	Raumklima/Behaglichkeit:	16
2.4.1	Hygienische und physikalische Anforderungen	16
2.4.2	Luftwechsel und Luftgeschwindigkeit	17
2.5	Lüftungsmöglichkeiten	19
2.5.1	Natürliche Lüftung	19
2.5.2	Mechanische Lüftung ohne Wärmerückgewinnung	23
2.5.3	mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung	26
2.6	Wohnraumlüftung	28
2.6.1	Warum Wohnraumlüftung?	28
2.6.2	Notwendigkeit der Wohnraumlüftung	29
3.	GRUNDLEGENDE NORMEN, RICHTLINIEN UND QUALITÄTSKRITERIEN	31
3.1	ÖNORM H 6038	31
3.1.1	Norm-Titel	31
3.1.2	Anwendungsbereich	31
3.1.3	Begriffsbestimmungen	32
3.1.4	Anforderungen an den Betrieb	33
3.2	Weitere Normen/Richtlinien	34
3.3	Qualitätskriterien	35
4.	KONTROLLIERTE WOHNRAUMLÜFTUNG MIT WRG	37
4.1	Funktion einer KWL-Anlage	37
4.2	Steuerung einer KWL-Anlage	38

4.3	Lüftungssysteme	39
4.3.1	Zentrales Lüftungssystem	39
4.3.2	Semizentrales Lüftungssystem.....	40
4.3.3	Dezentrales Lüftungssystem	41
4.3.4	Einzelraumlüftung	42
4.4	Aufbau der Lüftungsgeräte	43
4.4.1	Gerätegehäuse	45
4.4.2	Ventilatoren	46
4.4.3	Luftfilter	47
4.4.4	Wärmerückgewinnung.....	49
4.4.5	Wärme- und Feuchterückgewinnung	51
5.	PLANUNG VON KWL-ANLAGEN NACH ÖNORM H 6038	53
5.1	Erforderliche Unterlagen für die Planung	53
5.2	Durchführung der Projektierung	54
5.3	Allgemeines	55
5.3.1	Zonengliederung	55
5.3.2	Dimensionierung	55
5.3.3	Anordnung der Zuluft-, Überström- und Abluftdurchlässe	57
5.3.4	Aufstellung des Zu- und Abluftgerätes	57
5.3.5	Festlegung der Luftleitungsführung.....	57
6.	VERGLEICH UNTERSCHIEDLICHER LÜFTUNGSSYSTEME	59
6.1	Projektbeschreibung	59
6.1.1	Gebäude	60
6.1.2	Problemstellung.....	60
6.2	System A.....	61
6.2.1	Beschreibung	61
6.2.2	OPEX.....	62
6.2.3	CAPEX.....	63
6.2.4	TOTEX.....	64
6.3	System B.....	65
6.3.1	Beschreibung	65
6.3.2	OPEX.....	66
6.3.3	CAPEX.....	68
6.3.4	TOTEX.....	68
6.4	Resultat	69
6.4.1	Gesamtkostenvergleich	69
6.4.2	Ergebnis.....	70
7.	FAZIT:.....	73
	LITERATURVERZEICHNIS	74
	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	79

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammensetzung der Gase in der Luft in Prozent (Wikipedia, 2016).....	3
Abbildung 2: Typische Aufenthaltszeiten des Menschen in europäischen Städten (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).....	4
Abbildung 3: Lebenszeit der Menschen in Innenräumen (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).....	4
Abbildung 4: Umsatz und Entzugsdauer von Lebensmitteln (Tappler, Innenluftqualität und Gesundheit, 2014).....	5
Abbildung 5: Schadstoffe in Innenräumen von Allergen bis Kohlenmonoxyd (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).....	7
Abbildung 6: Schadstoffe in Innenräumen von PAK bis Weichmacher (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).....	8
Abbildung 7: CO ₂ -Konzentration und Wahrnehmung der Menschen (Tappler, Kunze, Koberger, Greml, Weiss, & Steinhäusler, 2012).....	10
Abbildung 8: Zusammenhang zwischen CO ₂ -Konzentration und Geruchsintensität in einem Wohnzimmer (Tappler, Kunze, Koberger, Greml, Weiss, & Steinhäusler, 2012).....	10
Abbildung 9: Klassifizierung der Innenraumluftqualität in Hinblick auf CO ₂ (bmlfuw, 2016).....	11
Abbildung 11: Schimmel an einer Wand (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).....	12
Abbildung 11: Diagramm zum Lüftungswärmeverlust (Königstein, 2008).....	14
Abbildung 12: Behaglichkeitsdiagramm (Bayerisches Institut für nachhaltige Entwicklung, 2016).....	16
Abbildung 13: Hygienisch empfohlener Luftwechsel in 1/h (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2005).....	17
Abbildung 14: Raumlufgeschwindigkeiten (Ranft & Frohn, 2004).....	18
Abbildung 15: Zulässige Luftgeschwindigkeit nach VDI E 4706 (Heyden, 2012).....	18
Abbildung 16: Durch Fensterlüftung erreichbare Luftwechselzahlen (Schulz & Westkämper, 2013).....	19
Abbildung 17: Prinzipdarstellung Querlüftung (Schulz & Westkämper, 2013).....	20
Abbildung 18: Zuluftöffnung für Querlüftung Außenwandluftdurchlass (Firma Aerex, 2016).....	21
Abbildung 19: Zuluftöffnung für Querlüftung Fensterventil (Firma Aerex, 2016).....	21
Abbildung 20: Prinzipdarstellung Schachtlüftung (Schulz & Westkämper, 2013).....	22
Abbildung 21: Prinzipdarstellung dezentrale Abluftanlage (Jagnow & Wolff, 2007).....	23
Abbildung 22: Einzelraumlüfter (Firma Maico, 2015).....	23
Abbildung 23: Abluftelement (Firma KROBATH, 2016).....	25
Abbildung 24: Zuluftelement Fenster (Firma KROBATH, 2016).....	25
Abbildung 25: Prinzipdarstellung zentrale Lüftungsanlage (Jagnow & Wolff, 2007).....	26
Abbildung 26: Zentrale Lüftungsanlage mit WRG für Mehrfamilienhäuser (IKZ-Haustechnik, 2016).....	26
Abbildung 27: Prinzipdarstellung dezentrales Lüftungssystem (Jagnow & Wolff, 2007).....	27
Abbildung 28: Dezentrale Lüftungsanlage mit WRG für Mehrfamilienhäuser (IKZ-Haustechnik, 2016).....	27
Abbildung 29: Schematische Darstellung der kontrollierten, mechanischen Be- und Entlüftung (ÖNORM H 6038, 2014).....	37
Abbildung 30: Schema, zentrales Lüftungssystem (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015).....	39

Abbildung 31: Schema, semizentrales Lüftungssystem (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015).....	40
Abbildung 32: Schema, dezentrales Lüftungssystem (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)	41
Abbildung 33: Prinzipdarstellung der Einzelraumlüfter mit WRG (Firma Viessmann, 2016) ..	42
Abbildung 34: Aufbau Einzelraumlüfter (Firma Inventer, 2016).....	42
Abbildung 35: Geräteausführung Großgerät, zentrales Lüftungsgerät (Firma Wolf, 2016)....	44
Abbildung 36: Geräteausführung Kleingerät, dezentrales Lüftungsgerät (Firma Wolf, 2016)	44
Abbildung 37: Gehäuse Klein-Wohnraumlüftungsgerät (Firma KL-Lufttechnik, 2016).....	45
Abbildung 38: EC-Radialventilatoren für KWL-Anlagen (Firma ebmpapst, 2016).....	46
Abbildung 39: Luftfilterarten, Allgemeine Raumluftechnik (Firma Camfil, 2015).....	47
Abbildung 40: Staub-Größenvergleich (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2016).....	48
Abbildung 41: Abscheidegrade verschiedener Filterklassen (www.komfortlüftung.at, 2016) ..	48
Abbildung 42: Strömungsführung bei Plattenwärmetauschern (www.komfortlüftung.at, 2014)	49
Abbildung 43: Temperaturverhältnisse Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher (www.komfortlüftung.at, 2014).....	50
Abbildung 44: Temperaturverhältnisse (Kreuz)-Gegenstrom-Plattenwärmetauscher (www.komfortlüftung.at, 2014).....	50
Abbildung 45: Funktion einer Feuchterückgewinnung über Enthalpie-Wärmetauscher (Firma Helios, 2016).....	51
Abbildung 46: Rotationswärmetauscher (www.komfortlüftung.at, 2014)	52
Abbildung 47: Beispiel einer Zuordnung zur Raumart (ÖNORM H 6038, 2014).....	55
Abbildung 48: Luftvolumenströme abhängig von der metabolischen Rate und der Kohlenstoffdioxid-Ausgleichskonzentration (ÖNORM H 6038, 2014).....	55
Abbildung 49: Auslegungsvolumenströme je Person (ÖNORM H 6038, 2014).....	56
Abbildung 50: Grundriss Gebäude (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)	60
Abbildung 51: Grundriss Wohnung EG, System A (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)...	61
Abbildung 52: Grundriss Wohnung EG, System B (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)...	65

III. Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
ΔT	Temperaturdifferenz
ABL	Abluft
AUL	Außenluft
Abb.	Abbildung
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EnEV	Energieeinsparverordnung
EN	Europäische Norm
ERL	Einzelraumlüfter
EC-Motor	electronically commutated Motor
FOL	Fortluft
K	Kelvin
Kg	Kilogramm
KLA	Komfortlüftungssysteme Austria
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWL	kontrollierte Wohnraumlüftung
m	Masse (des Stoffes)
NEH	Niedrigenergiehäuser
ÖNORM	Österreichische Norm

Abkürzungsverzeichnis

ppm	parts per million (Teile von einer Million)
PH	Passivhaus
Q	thermische Energie
T	Temperatur
TRA	Überströmluft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	volatile organic compounds (flüchtige organische Substanzen)
V	Volumen
W	Watt
WRG	Wärmerückgewinnung
ZUL	Zuluft

1. Einleitung

1.1 Motivation

In meiner derzeit 7-jährigen Tätigkeit als Techniker/Projektleiter in einem Planungsbüro für Haustechnik beschäftige ich mich schon längere Zeit mit dem Thema Lüftung von Wohn- bzw. Aufenthaltsräumen in Ein- und Mehrfamilienhäuser. Da unter meinen Tätigkeiten als Projektleiter auch die Kundenbetreuung zählt, habe ich dementsprechend zahlreiche und lange Diskussionen mit unseren Kunden bezüglich Wohnraumlüftung geführt. Nach diesen Gesprächen mit unseren Kunden, welche Großteils Architekten, Bauherren und Bauträger sind, ist mir aufgefallen, dass sich die Menschen teilweise viel zu wenig mit dem Thema Wohnraumlüftung beschäftigen.

Leider gehört die Wohnraumlüftung nicht zur Standardausrüstung im Haus- bzw. Wohnungsbau, da die Bauherren und ausführende Unternehmen sehr unsicher auf das Thema Wohnraumlüftung zu sprechen sind, da bis vor einigen Jahren die Häuser und Wohnungen fast ausschließlich über die Fenster be- und entlüftet worden sind. Grund dafür waren die Undichtigkeiten der Fenster, Türen und sonstiger Bauwerke.

Jedoch durch die immer dichter werdenden Gebäudehüllen, welche durch die verschiedenen Bauordnungen auch vorgeschrieben werden, ist die Raumluftqualität in den Wohnbereichen stark gesunken. Um die Qualität der Raumluft zu steigern, sollte man heutzutage die Fenster jede halbe Stunde aufmachen und eine Querlüftung herstellen. Durch solche Fensterlüftungen geht sehr viel Energie verloren, bzw. durch nicht regelmäßige Lüftung kann es zu Schimmelproblemen kommen.

Um diese Probleme in den Griff zu bekommen, gibt es unter anderem die sogenannte „kontrollierte Wohnraumlüftung“, welche automatisch den gesamten Wohnbereich be- und entlüftet.

Da mich persönlich das Thema Lüftung sehr interessiert, war ich im Jahr 2015, ein halbes Jahr lang bei der Fa. Walter Bösch GmbH tätig, wo ich als Techniker im Bereich „Produktmanagement Wohnraumlüftung“ diverse technische Projekte zum Thema Lüftung abwickeln durfte. Aus diesen Gründen möchte ich in dieser Arbeit die Wichtigkeit der Wohnraumlüftung erklären.

1.2 Aufbau der Diplomarbeit

Grundsätzlich ist diese Diplomarbeit in sieben Kapitel gegliedert.

Anfangen mit der Einleitung und der Grundüberlegung dieser Arbeit, folgen weiters die Allgemeinen Grundlagen zum Thema Luft und Lüftung sowie Luftqualität und die verschiedenen Möglichkeiten zum Lüften von Wohnräumen.

In den danach folgendem Kapitel werden die wichtigsten Normen und Richtlinien sowie die Qualitätskriterien näher beschrieben.

Ein weiteres Kapitel behandelt insbesondere die kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Dabei wird vor allem die Funktion und die wichtigsten Komponenten der Wohnraumlüftung näher erläutert.

Die Planung und Dimensionierung mit den gültigen Normen stellt einen weiteren Teil dieser Arbeit dar.

Das letzte Kapitel befasst sich mit den Lüftungssystemen für mehrgeschossigen Wohnbau, bei denen die Investitionskosten und Betriebskosten zweier Lüftungssysteme verglichen werden.

1.3 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die Wichtigkeit und das Grundprinzip einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung zu erläutern und das Gesamtsystem mit all ihren Vor- und Nachteilen zu erklären.

Ebenso ist der Fokus auf die enorme Bedeutsamkeit von Luft gesetzt. Es wird veranschaulicht, welche gesundheitlichen und bautechnischen Folgen durch eine schlechte Be- und Entlüftung der Wohnräume entstehen kann.

2. Grundlagen

Dieses Kapitel behandelt die Grundlagen der Luft im Allgemeinen und geht im weiteren Verlauf näher auf das Thema „Raumlufte“ ein. Ebenso werden die Auswirkungen der Raumlufte auf Gebäude sowie die Einflüsse auf den Menschen aufgezeigt.

2.1 Luft

Wie in der Abbildung 1 dargestellt, besteht die Luft hauptsächlich aus den folgenden Gasen (Wikipedia, 2016):

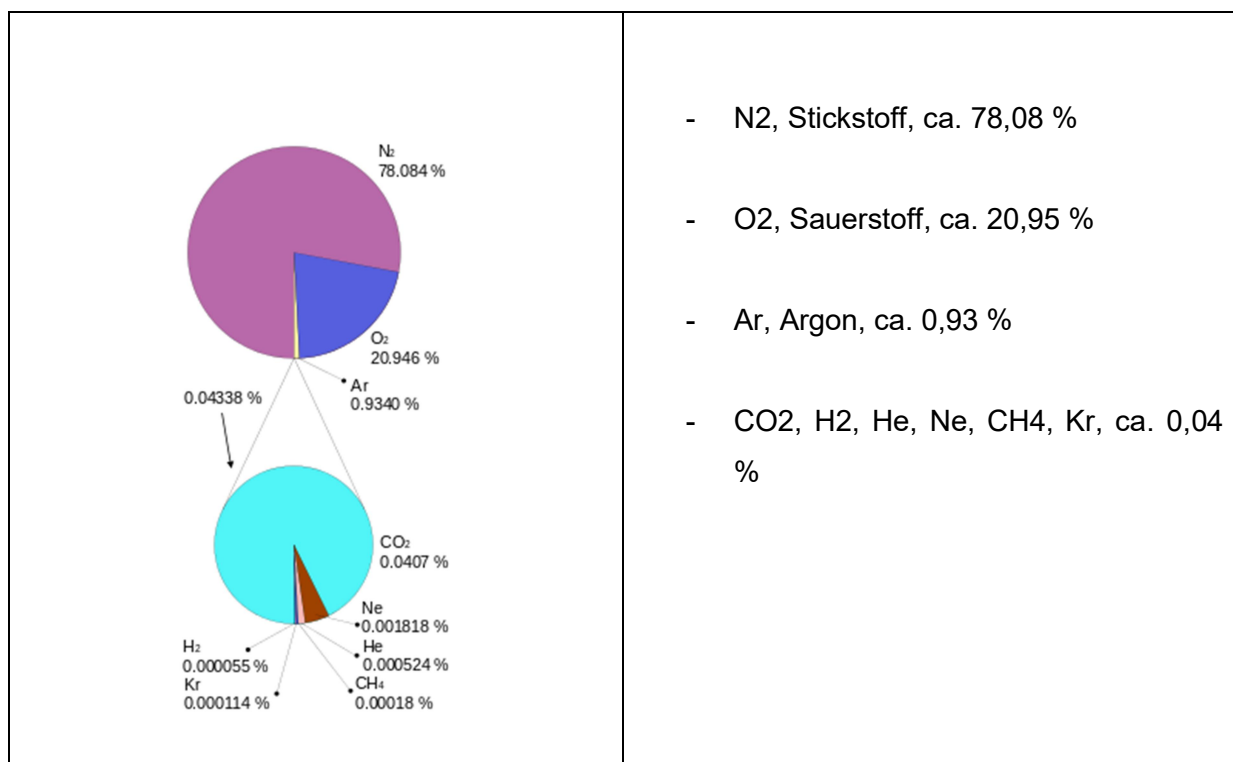


Abbildung 1: Zusammensetzung der Gase in der Luft in Prozent (Wikipedia, 2016)

Wie wichtig die Luft für die Menschen ist, wird in dem folgenden Zitat von KLA beschrieben:

„Einen Monat kann ein Mensch ohne Nahrung überleben, drei Tage ohne Wasser, aber nur drei Minuten ohne Luft. Dieses Verhältnis macht schon deutlich, welche Bedeutung Luft für unser Leben hat – aber sie sagt noch nichts darüber aus, was passiert, wenn die Luft von schlechter Qualität ist. Das ist nämlich ein Problem, mit dem wir heute immer öfter konfrontiert sind: zu wenig gute Luft.“ (KLA Komfortlüftungssysteme Austria, 2016)

2.1.1 Durchschnittliche Aufenthaltszeiten der Menschen

Der typische Mitteleuropäer verbringt im Durchschnitt etwa 90 % seiner Lebenszeit in Innenräumen, zu denen auch das Auto und andere Verkehrsmittel zählen – siehe Abbildung 2 (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).

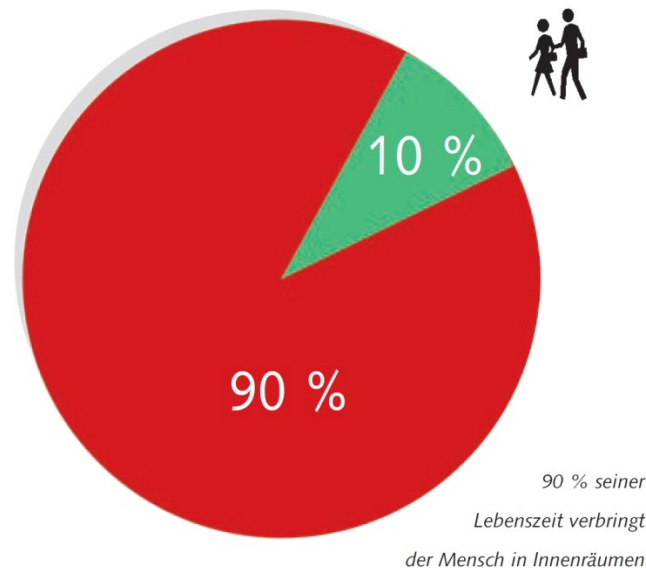


Abbildung 2: Typische Aufenthaltszeiten des Menschen in europäischen Städten (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009)

Aufgrund dieser langen Aufenthaltszeit in der Wohnung (ca. 60 % der Lebenszeit – siehe Abbildung 3) müssen wir besonders in unseren eigenen vier Wänden auf gute Atemluft achten (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).

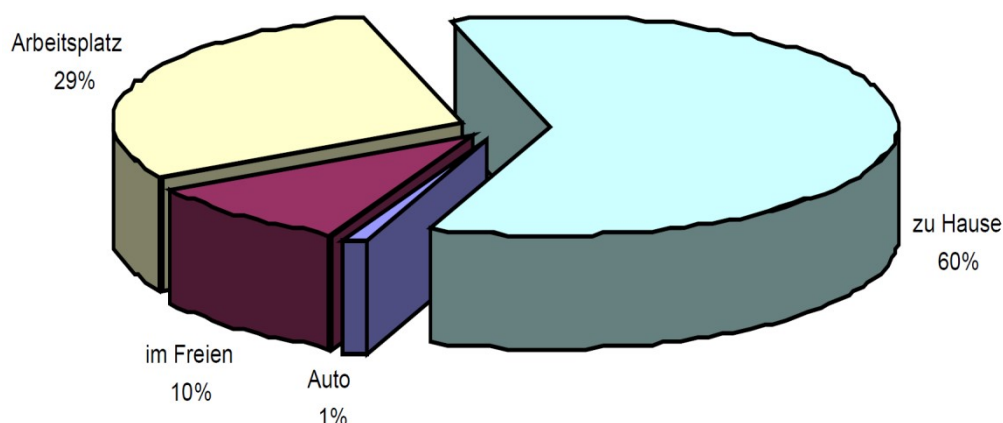


Abbildung 3: Lebenszeit der Menschen in Innenräumen (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009)

2.1.2 Luftbedarf des Menschen

In der unten dargestellten Tabelle wird in der Studie von DI Tappler beschrieben, dass der Mensch im Laufe seines Lebens ca. 350.000 kg Luft einatmet – deutlich mehr, als wir an Nahrungsmitteln und Wasser zu uns nehmen (Tappler, Innenluftqualität und Gesundheit, 2014).

	Nahrung	Wasser	Luft
Umsatz eines Menschenlebens	35.000 kg	70.000 kg	350.000 kg
Maximale Entzugsdauer	ca. 50-80 Tage	ca. 3-5 Tage	ca. 3 Minuten

Abbildung 4: Umsatz und Entzugsdauer von Lebensmitteln (Tappler, Innenluftqualität und Gesundheit, 2014)

2.2 Raumluf

Der Mensch verbringt fast sein gesamtes Leben in geschlossenen Räumen, was auch kein Problem darstellt solange die Luft darin regelmäßig ausgetauscht wird.

Königstein (2008) schreibt, dass das Wohlbefinden, das körperliche und geistige Leistungsvermögen sowie die Gesundheit eines Menschen stark von einer guten Raumlufqualität abhängen.

In der Studie von DI Tappler (Innenluftqualität und Gesundheit, 2014) wird beschrieben, dass schlechte Raumluf unser Wohlbefinden beeinträchtigt und sogar zu dauerhaften Gesundheitsschäden führen kann.

2.2.1 Schadstoffe in der Raumluf und deren Auswirkungen

Tappler (Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009) schreibt, dass Schadstoffe durch ihre chemische oder physikalische Wirkung die Menschen und die Umwelt schädigen können. Zwar werden manche Stoffe erst ab einer gewissen Konzentration schädlich, andere sind

jedoch bei langer Einwirkungsdauer schon in geringsten Mengen für den Menschen äußerst gefährlich. Andere verstärken aber zusätzlich bestehende Belastungen.

In seiner Studie schreibt Tappler (Wegweiser für eine gesunde Raumlufte, 2009), dass Luftverschmutzungen in Innenräumen primär den Atmungstrakt belasten, also die Schleimhäute der Nase, des Rachens und des Kehlkopfes. Betroffen sind auch Luftröhre und Lunge sowie die Bindehaut der Augen. Akute Reizerscheinungen der oberen Atemwege sowie Bindehautreizungen werden in Innenräumen meist durch flüchtige Substanzen wie Formaldehyd und Lösungsmittel sowie durch Allergene verursacht. Trockene Luft begünstigt die Entstehung dieser Beschwerden.

Über die Allergien und Überempfindlichkeiten schreibt Tappler (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumlufte, 2009) weiters, dass die Hausstaubmilben, Schimmelpilzsporen sowie Haare und Hautschuppen von Haustieren zu den häufigsten Allergenen in Innenräumen zählen, mit denen der Mensch über die eingeatmete Luft, die Nahrung und durch Hautkontakt in Berührung kommt. Als Symptome treten vorwiegend Reizungen der Schleimhäute (Atmungstrakt, Auge), Schnupfen, allergisches Asthma und Kontaktekzeme auf. Auch Schadstoffe aus Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen sowie Pflanzen können Allergien hervorrufen.

Die Auswirkungen der Allergen beschreibt Tappler (Wegweiser für eine gesunde Raumlufte, 2009) wie folgt:

„Das Auslösen einer allergischen Erkrankung hängt nicht nur von der Konzentration des Allergens, sondern auch vom Gesamtzustand des menschlichen Organismus ab. Allergische Erkrankungen haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Heute leiden bereits über 30 % der Kinder in Europa an allergischen Erkrankungen wie Asthma, Heuschnupfen oder Neurodermitis. Sehr wahrscheinlich besteht ein Zusammenhang zwischen der allgegenwärtigen Umweltverschmutzung und allergischen Erkrankungen. So erkranken Kinder in Raucherhaushalten und in Wohnungen, die an stark befahrenen Straßen liegen, häufiger an Allergien. Schleimhäute, die durch Schadstoffe bereits beeinträchtigt wurden, sind empfänglicher für Allergene aus der Umwelt.“

In den folgenden zwei Tabellen, Abbildung 5 und Abbildung 6, sind die häufigsten Schadstoffe, deren Quellen, die Wirkung auf den Menschen und eine mögliche Abhilfe beschrieben (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009).

Wirkung auf den Menschen	Schadstoff	Häufige Quellen	Abhilfe
Schleimhaut- und Bindehautentzündung, Schnupfen, allergisches Asthma	Allergene	Hausstaub, Schimmelpilzsporen, Tierepithelien, Baumaterialien, Pflanzen, Latex	Spezielle Staubsauger, keine Haustiere halten, Produkte für Allergiker verwenden, Schimmelfeuchhalt entfernen und Ursache bekämpfen
Asbestose, Rippen- und Bauchfellkrebs	Asbest*	Brandschutz- und Dichtungsmaterial, Rückenbeschichtungen älterer PVC-Böden, Nachtspeicheröfen	Asbest von Fachleuten entfernen lassen
Kopfschmerzen, Übelkeit, Schädigung des Nervensystems, bei PCP u.U. auch Leberkrebs	Biozide (PCP*, Lindan*, Pyrethroide)	Holzschutzmittel, Lacke, Teppiche, Schädlingsbekämpfung, Elektroverdampfer („Gelsenstecker“)	Gegenstände und Materialien, die Schadstoffe abgeben, entfernen oder geeignet abdichten, Fliegengitter
Indikator für vom Menschen verunreinigte Raumluf	CO₂ (Kohlenstoffdioxid)	Menschen, Haustiere, Verbrennungsvorgänge, Autoabgase	Häufiger Lüften, Raumluftechnische Anlagen, Garderoben in Schulen
Schädigung der Atemwege und Beeinträchtigungen der Lungenfunktion, Herz-Kreislauferkrankungen, erhöhte Sterblichkeit	Feinstaub	Tabakrauch, Kerzen, Räucherstäbchen, Außenluft, Bürogeräte, Tonerdrucker, Staubsauger	Feinstaubfilter bei raumluftechnischen Anlagen, Rauchen einstellen, Zentralstaubsauger
Reizung der Augen und der Atemwege, Unwohlsein, Kopfschmerzen, in höheren Konzentrationen krebserregend	Formaldehyd	Tabakrauch, Spanplatten und Holzwerkstoffe, Dispersionskleber, Lacke, Parkettversiegelungen, Desinfektionsmittel, offene Gasflammen	Rauchen einstellen, formaldehydfreie Produkte vorziehen, Schadstoffquelle entfernen oder abdichten
Belästigung, Befindlichkeitsstörungen möglich, Stressfaktor	Gerüche	Möbel und Fussbodenlacke, Naturstoffe, Abflussrohre, undichte Gebäude, Duftöle, menschl. Körpergeruch	Ursache der Gerüche herausfinden und sanieren
Herz- und Sehstörungen, Kopfschmerzen, Schwindel, zentralnervöse Funktionsstörungen, inneres Ersticken	Kohlenmonoxid, Stickoxide	Undichte Öfen und Kamine, Durchlauferhitzer ohne Abzug, Gasherde, Garagen	Geräte regelmäßig überprüfen lassen, alte Geräte erneuern

Als erste generelle Abhilfemaßnahme gilt: **ausreichend lüften!**

* in Österreich mittlerweile verboten (bis auf wenige Ausnahmen)

Abbildung 5: Schadstoffe in Innenräumen von Allergenen bis Kohlenmonoxyd (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009)

Wirkung auf den Menschen	Schadstoff	Häufige Quellen	Abhilfe
Krebs, Geruchsbelästigung	PAK* (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe)	Parkettkleber, Feuchteabdichtungen, Karbolineum	Abdichten oder entfernen
Schädigung der Leibesfrucht, Beeinträchtigung des Immunsystems, Krebsverdacht	PCB* (Polychlorierte Biphenyle)	Fugen- und Dichtungsmassen, Kleinkondensatoren in Leuchtstofflampen, alte Wandfarben	Von Fachleuten entfernen lassen
Schädigung des Nervensystems, Reizung der Schleimhäute (v.a. Augen), Kopfschmerzen, Müdigkeit, Atemwegserkrankungen, möglicherweise krebserregend	PER (Tetrachlorethen)	Chemische Reinigungsbetriebe, chemisch gereinigte Kleidung, Metallentfettung	PER-freie Reinigungsverfahren, Kleidung wählen, die keine chemische Reinigung erfordert, Gewerbebetrieb sanieren
Lungenkrebs	Radon	Erdreich, Baustoffe, Mineraliensammlungen, Erdgas, Leitungswasser	Abdichten, belüften
Allergien, Reizungen, Geruchsbelästigung, Infektionen	Schimmelpilzsporen und -toxine, Bakterien	Schimmelbildung an Bauteilen, Keimbildung in Klimaanlage und Luftbefeuchtern	Ursachen nachhaltig beseitigen: Sanierung von Bauschäden, Luftfeuchte reduzieren, belüften
Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, Lungenkrebs, Asthma	Tabakrauch	Zigaretten, Zigarren, Pfeifen	Rauchen in Innenräumen einstellen
Reizung des Atmungstraktes, Beeinträchtigung des Nervensystems, Geruchsbelästigung, Befindlichkeitsstörungen, zum Teil krebserregend	VOC (Flüchtige organische Verbindungen)	Lösungsmittel, Farben, Lacke, Kleber, Ausgleichsmassen, Gewerbebetriebe (z. B. Putzereien, Lackieranlagen)	Lüften, lösungsmittelfreie Produkte verwenden, Quelle entfernen oder abdichten, Gewerbebetrieb sanieren
Diverse langfristige gesundheitliche Schäden	Weichmacher, Flammschutzmittel	PVC-Produkte (z.B. Bodenbeläge, Textilien etc.), diverse Kunststoffe, elektronische Geräte, Wandfarben	weichmacherfreie Produkte verwenden, Produktdeklarationen beachten

Als erste generelle Abhilfemaßnahme gilt: **ausreichend lüften!**

* in Österreich mittlerweile verboten (bis auf wenige Ausnahmen)

Abbildung 6: Schadstoffe in Innenräumen von PAK bis Weichmacher (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumluf, 2009)

Geregelter Luftaustausch beseitigt zwar nicht die Schadstoffquelle an sich, trägt aber immer zu einer entsprechenden Verdünnung und damit zur Verbesserung der Situation bei.

Laut Ranft und Frohn gibt es zwei Möglichkeiten diese Luftverunreinigungsquellen zu beseitigen (Ranft & Frohn, 2004).

- die erste Maßnahme sollte sein, die Schadstoffbelastung der Raumluft, welche durch die Personen entsteht, zu vermeiden
- als zweite Maßnahme sollten die noch verbleibenden Schadstoffemissionen über die Lüftung abgeführt bzw. die Luft verdünnt werden

2.2.2 Grenz- und Richtwerte der Raumluft

Laut IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie) werden pro Person ca. 25 bis 36 m³/h Frischluft benötigt, damit die CO₂-Werte in einem Wohnraum bei normaler Aktivität möglichst unter 1.000 ppm bleiben (ppm = Parts per Million) und vom Menschen abgegebene flüchtige Stoffe, die Müdigkeit, Gerüche und Befindlichkeitsstörungen bewirken, in ausreichendem Ausmaß abgeführt werden. Diese Luftmenge reicht in der Regel auch aus, um gebäudebezogene Schadstoffe auf einem niedrigen Niveau zu halten. Gleichzeitig wird zu viel Feuchte in den Räumen vermieden.

Die beschriebenen 1.000 ppm stellen die von dem deutschen Hygieniker Pettenkofer (1819 – 1901) schon vor rund 150 Jahren festgelegte und aufgrund vieler Untersuchungen bestätigte CO₂-Konzentration dar, die als Übergang von angenehmer zu unangenehmer Luftqualität empfunden wird. Sehr gute Luftverhältnisse verbinden Menschen mit CO₂-Konzentrationen unter 800 ppm. Das CO₂ selbst ist nicht das Problem, sondern die flüchtigen Chemikalien und Geruchsstoffe, die gemeinsam mit dem CO₂ über die Haut und über Körperöffnungen abgegeben werden. Es existiert auch keine scharfe Grenze, ab der ein Raum als „zu hoch belastet“ einzustufen ist, sondern es zeigt sich vielmehr ein fließender Übergang zwischen guter, akzeptabler und unzureichender Raumluftqualität. Für das Wohlbefinden ist natürlich nicht die CO₂-Konzentration alleine, sondern auch eine Vielzahl von anderen Faktoren in Innenräumen ausschlaggebend (www.raumluft.org, 2016).

In der folgenden Abbildung wird die CO₂-Konzentration und Wahrnehmung der Menschen in Abhängigkeit der Lüftungsart über vier Stunden dargestellt.

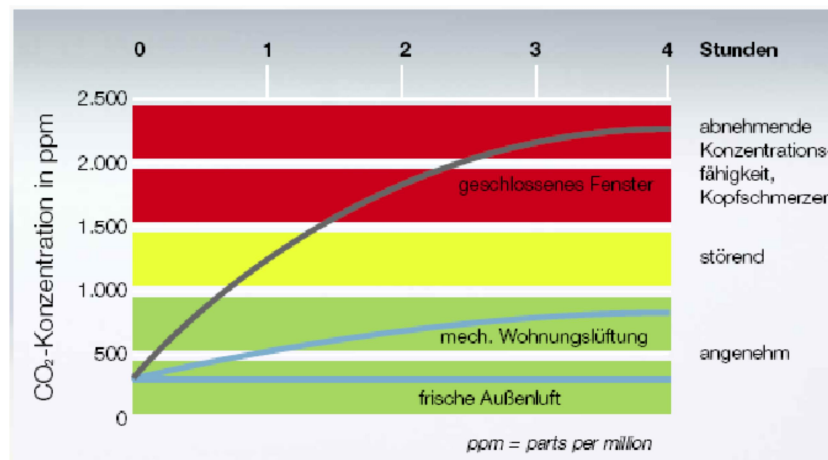


Abbildung 7: CO₂-Konzentration und Wahrnehmung der Menschen (Tappler, Kunze, Koberger, Greml, Weiss, & Steinhäusler, 2012)

In einem normal ausgestatteten Raum mit Personenbelegung korreliert die Schadstoff bzw. Geruchsbelastung sehr gut mit der CO₂-Belastung sodass CO₂ als Indikator für die Qualität der Raumluft verwendet werden kann. Der Beweis ist in Abbildung 8 ersichtlich (Tappler, Kunze, Koberger, Greml, Weiss, & Steinhäusler, 2012).

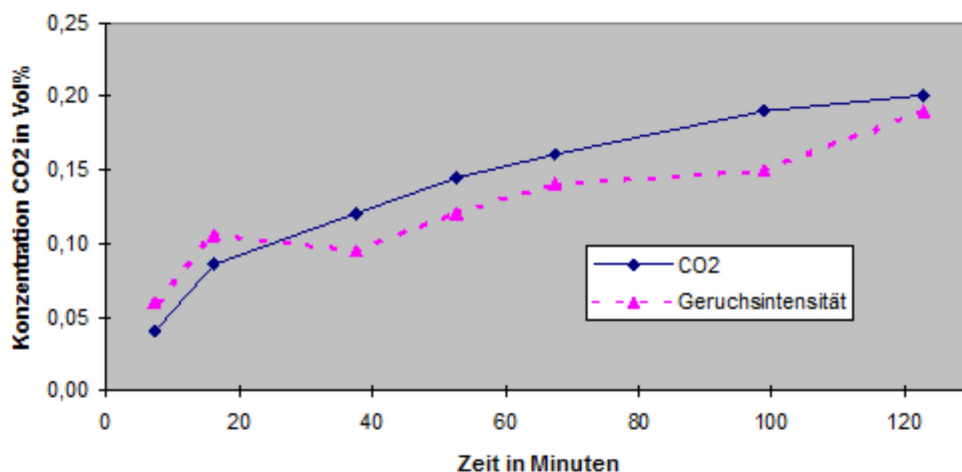


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen CO₂-Konzentration und Geruchsintensität in einem Wohnzimmer (Tappler, Kunze, Koberger, Greml, Weiss, & Steinhäusler, 2012)

Einen sehr guten Vergleich bezüglich CO₂-Freisetzung, beschildert Leitzinger (2014), indem er ein Mittelklasse Auto mit menschlicher Atmung vergleicht:

- Mittelklasse PKW: 120 g CO₂/km, bei 10.000 km im Jahr
= 1.200 kg CO₂ pro Jahr
- Atmung Mensch: 35 g CO₂/h entspricht ca. 300 kg CO₂ im Jahr, 4-köpfige Familie
= 1.200 kg CO₂ pro Jahr

In der Beurteilung in Bezug auf Mindest- und Zielvorgaben für den Parameter CO₂ wird zwischen natürlich und mechanisch belüfteten Innenräumen unterschieden (Leitzinger, 2014) – siehe folgende Abbildung 9.

<i>Mindest- und Zielvorgaben für dauernd von Menschen genutzte Innenräume</i>	
<i>natürlich belüftete Innenräume</i>	<i>mechanisch belüftete Innenräume</i>
<i>Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 1000 ppm</i>	<i>Zielbereich für die Innenraumluft < etwa 800 ppm</i>
<i>Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1400 ppm</i>	<i>Mindestvorgabe 1-MWg < etwa 1000 ppm</i>
<i>Mindestvorgabe Alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1900 ppm</i>	<i>Mindestvorgabe Alle Einzelwerte im Beurteilungszeitraum: < etwa 1400 ppm</i>

1-MWg = maximaler gleitender Stundenmittelwert

Abbildung 9: Klassifizierung der Innenraumluftqualität in Hinblick auf CO₂ (bmlfuw, 2016)

Gerüche in einer Wohnung gehen zum größten Teil von den Personen und meist nur zum geringeren Teil von den in den Räumen verwendeten Materialien aus. Bei den von Menschen abgegebenen Gerüchen handelt es sich vor allem um sehr flüchtige organische Verbindungen (VVOC's) wie Aceton oder Alkohole. Bei Baustoffen, Materialien der Innenausstattung und Einrichtungsgegenständen ist es dennoch wichtig, auf Produkte mit geringer Schadstoffabgabe zu achten, um die Innenraumluft nicht zusätzlich zu belasten.

Sehr oft wird schlechte Luft in einem Raum mit Sauerstoffmangel verbunden. Es ist aber immer die erhöhte Schadstoffbelastung und nicht der Mangel an Sauerstoff, der den Menschen zu schaffen macht. Mit dem Sauerstoff eines gut durchlüfteten Wohnzimmers (20 m² mit 2,6 m Raumhöhe) könnten drei Personen mehrere Tage auskommen. Die CO₂-Belastung beträgt aber schon nach 2 Stunden mehr als 1.000 ppm (Tappler, Kunze, Koberger, Greml, Weiss, & Steinhäusler, 2012).

2.3 Auswirkungen auf das Gebäude

2.3.1 Gebäudeluftdichtheit

Früher wurden Gebäude sehr undicht gebaut und die frische Luft ist somit durch die unzähligen Undichtigkeiten in das Gebäude eingedrungen. Heute jedoch werden Gebäude mit immer größerer Dichtheit gebaut, das spart zwar die Heizkosten und schont die Umwelt, aber es erfordert eine eigenständige Regelung der Luftzufuhr um die Raumlufthqualität zu steigern und die Bauteile zu schützen. Um jedoch durch Fensterlüftung dauerhaft eine wünschenswerte Luftqualität zu erhalten, ist ein Stoßlüften von ungefähr zwei Stunden erforderlich. Das ist tagsüber teilweise mühsam und nachts unmöglich.

Außenluft, die durch die Baukonstruktion in die Innenräume gelangt, trägt nicht zur Verbesserung der Raumlufthqualität und Raumlufthfeuchte bei. Die Außenluft muss über hygienisch einwandfreiem Weg und angepasst an den Luftbedarf in das Haus transportiert werden. (Leitzinger, 2014)

2.3.2 Schimmelpilzbefall

Bezüglich Schimmel schreibt Tappler, dass sich Schimmelpilzsporen überall in der Luft befinden, wenn auch in unterschiedlicher Anzahl, so auch im Innenraum. Zum Auskeimen benötigen sie jedoch Feuchtigkeit. Diese Feuchtigkeit – an Wänden, Fensterstöcken oder Möbeln – entsteht oft durch Kondensation der Luftfeuchtigkeit (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumlufth, 2009).



Abbildung 10: Schimmel an einer Wand (Tappler, Wegweiser für eine gesunde Raumlufth, 2009)

Als Ursachen für Schimmelbildung definiert Tappler folgendes (Wegweiser für eine gesunde Raumluft, 2009):

- falsch angebrachte Wärmedämmung
- schlechte Belüftung
- Wärmebrücken
- erhöhte menschliche Aktivitäten
- undichte Gebäudehülle

Für die Bekämpfung der Schimmelbildung schreibt Tappler (2009), dass regelmäßiges und ausreichendes Querlüften erforderlich ist, um im Winter die durch den Menschen, durch Zimmerpflanzen, Kochdunst, Duschen/ Baden, Wäschetrocknen etc. freigesetzte Feuchtigkeit abzuführen. Er betont jedoch, dass dauernd gekippte Fenster vermieden werden sollten.

Tappler (2009) zitiert die Wichtigkeit eines hygienischen Luftaustauschs wie folgt:

„Meistens wird dem Lüften in Innenräumen zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Kurzfristiges Öffnen der Fenster (Stoßlüftung, etwa 5–10 Minuten) stellt im Winter die einfachste und effektivste Maßnahme dar, um einen raschen Austausch der verbrauchten Innenluft gegen frische Außenluft zu bewirken. Als problematisch erweist sich, dass aufgrund der heute üblichen dichten Fenster die „natürliche“ Lüftung durch Fenster- und Türfugen weitgehend unterbunden wird. Der Luftaustausch ist dadurch meist zu gering, was erhöhte Schadstoffkonzentrationen und Schimmelbildung hervorrufen kann. Um den hygienischen Anforderungen an die Raumluft gerecht zu werden, ist ausreichender und regelmäßiger Luftaustausch unbedingt erforderlich, der in der überwiegenden Zahl der Fälle nur durch raumluftechnische Anlagen gewährleistet werden kann.“

2.3.3 Lüftungswärmeverlust

Neben den Problemen mit der Gebäudeluftdichtheit gibt es einen weiteren energietechnischen Aspekt zu betrachten. Durch die immer besser werdende Gebäudehülle ist der Anteil der Lüftungswärmeverluste zum Gesamtwärmeverlust deutlich angestiegen. Dies wird in nachstehender Abbildung deutlich (Königstein, 2008)

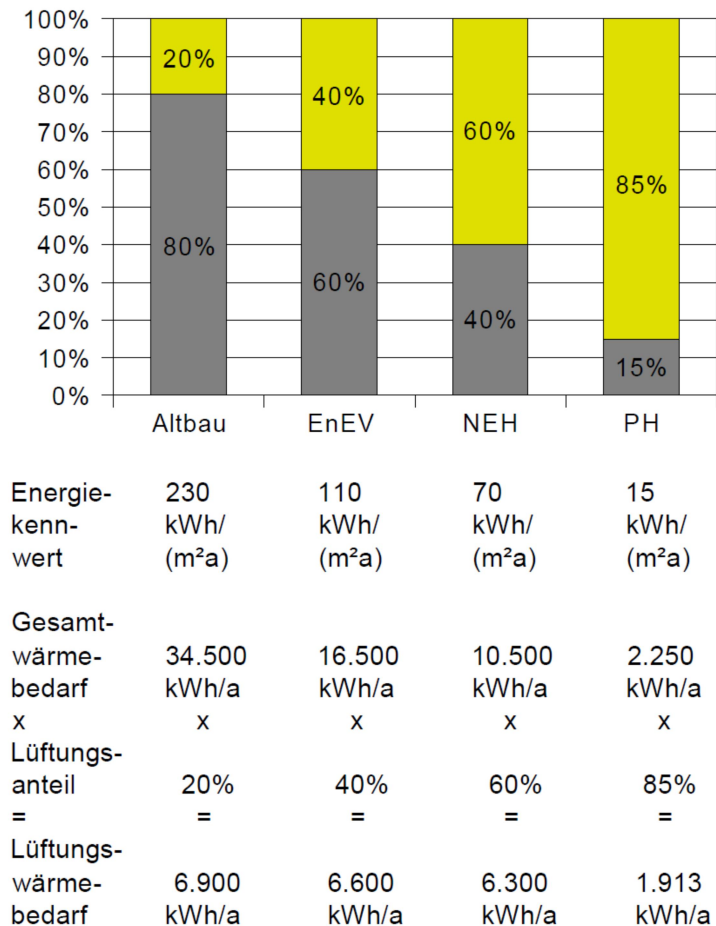


Abbildung 11: Diagramm zum Lüftungswärmeverlust (Königstein, 2008)

Wie in der Abbildung 11 ersichtlich, gehen bei

- Altbauten bis zu 80% der Wärme als Transmissionswärmeverluste durch die Außenbauteile verloren. Nur ca. 20% des Heizbedarfs sind Lüftungswärmeverluste.
- Neubauten gemäß EnEV haben bereits eine verbesserte Wärmedämmung und deshalb nur noch 60% Transmissionswärmeverluste. Deshalb steigt der relative Anteil der Lüftungswärmeverluste auf ca. 40% an.

- Niedrigenergiehäuser (NEH) sind so gut gedämmt, dass nur noch 40% ihrer Wärmeverluste auf die Gebäudehülle entfallen und 60% die Lüftungswärmeverluste ausmachen.
- Passivhäuser (PH) haben durch die sehr gute Gebäudehülle den meisten Anteil an Lüftungswärmeverlusten in Bezug auf den Gesamtwärmebedarf.

Der dargestellte prozentuelle Anstieg der Lüftungswärmeverluste, bedeutet nicht, dass die Lüftungswärmeverluste höher geworden sind. Wenn man sich den Lüftungswärmebedarf zwischen Altbau, EnEV und NEH anschaut, bleibt der jährliche Lüftungswärmebedarf mit 6.900 kWh/a, 6.600 kWh/a und 6.300 kWh/a fast unverändert, jedoch der prozentuelle Anteil am Gesamtwärmeverlust ist größer. Die Lüftungswärmeverluste lassen sich durch die Wohnraumlüftung nicht beliebig verringern, da ein hygienisch und bauphysikalisch notwendiges Minimum an Lüftung nicht unterschritten werden darf (Königstein, 2008).

Laut KLA können in einem Einfamilienhaus umgerechnet 280 Liter Heizöl oder 600 kg Pellets durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung eingespart werden (KLA Komfortlüftungssysteme Austria, 2016).

2.4 Raumklima/Behaglichkeit:

2.4.1 Hygienische und physikalische Anforderungen

Folgende hygienische und physikalische Anforderungen müssen laut Kerschberger, Brillinger, Binder eingehalten werden um die Behaglichkeit und das Wohlbefinden des Menschen im Wohnraum zu gewährleisten (Kerschberger, Brillinger, & Binder, 2007)– siehe Abbildung 12:

- Lufttemperatur: 20 - 22°C
- Temperaturen der Raumumschließungsflächen: ca. 20°C
- Luftbewegung und Luftschichtung: 0,1-0,2 m/s
- Relative Luftfeuchte: 40-60%
- Kohlendioxid- und Schadstoffgehalt der Luft: <1.000 ppm

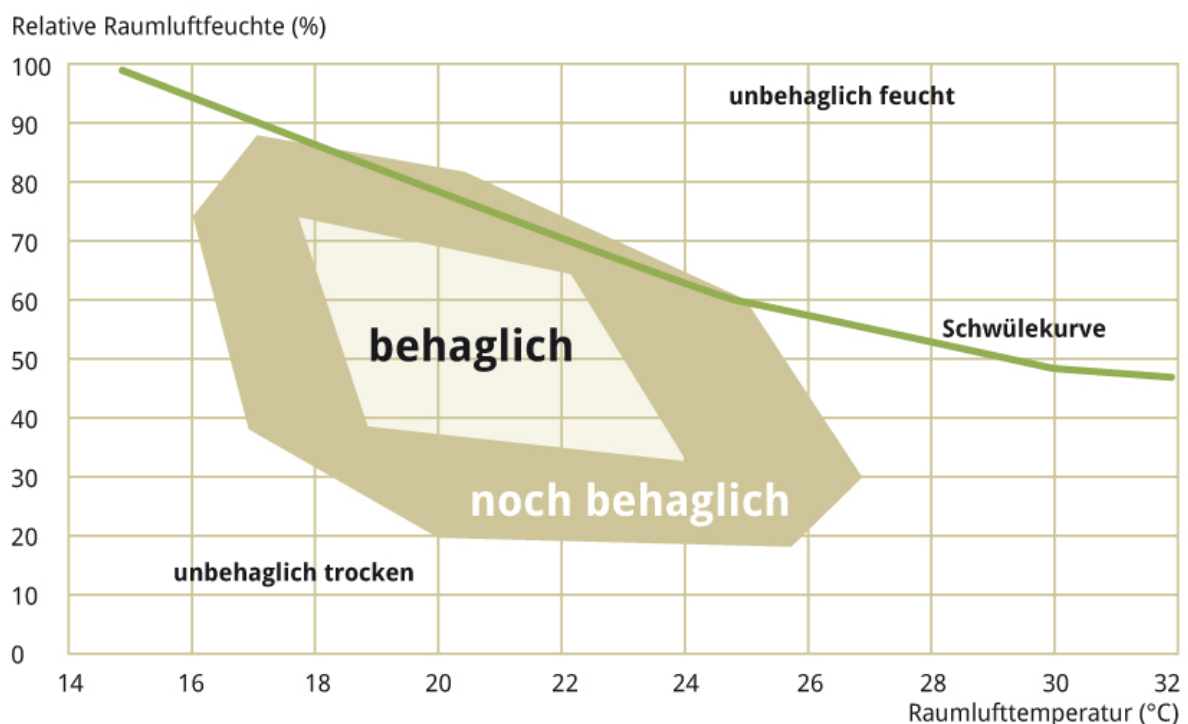


Abbildung 12: Behaglichkeitsdiagramm (Bayerisches Institut für nachhaltige Entwicklung, 2016)

2.4.2 Luftwechsel und Luftgeschwindigkeit

Luftwechsel:

Ein regelmäßiger Luftwechsel in Räumen ist erforderlich, da der Mensch Sauerstoff zum Leben benötigt und daher die Luftschadstoffe, die in einem Raum produziert werden, abgeführt werden müssen (Ranft & Frohn, 2004).

Wenn man über den Luftwechsel spricht, so spricht man über den Austausch der Raumluft mit Außenluft in einem geschlossenen Gebäude oder einem geschlossenen Raum. Die Einheit des Luftwechsels ist [1/h] und bezeichnet den Luftaustausch welcher pro Stunde in diesem Raum oder Gebäude entsteht. z.B.: Luftwechsel = 10 1/h; bedeutet, dass das 10-fache Raum-/Gebäudevolumen in einer Stunde ausgetauscht wird. (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2005).

Der hygienisch erforderliche Mindestluftwechsel beträgt etwa 0,3 1/h und ist nur bei geringer Belastung durch Feuchte-, Geruchs- und Schadstoffquellen möglich bzw. empfehlenswert. In der folgenden Abbildung 13 ist der hygienisch empfohlene Luftwechsel dargestellt (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2005).

Wohn-, Aufenthalts- und Schlafräume	Innenliegende Sanitärräume	Küchen
0,5 - 1	4 - 6	0,5 - 25

Abbildung 13: Hygienisch empfohlener Luftwechsel in 1/h (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2005)

Luftgeschwindigkeit:

Laut Ranft und Frohn (Natürliche Klimatisierung, 2004) sollte die Luftgeschwindigkeit im Wohnraum zwischen 0,1 m/s und 0,4 m/s liegen da der Mensch übermäßige Luftgeschwindigkeiten als unbehaglich wahrnimmt. Diese Luftgeschwindigkeiten sind sehr gering, wenn man bedenkt, dass ein Mensch, der in normalem Tempo bei Windstille zu Fuß geht schon eine „Windgeschwindigkeit“ von ca. 1,2 m/s empfindet.

In den folgenden Abbildungen wird gezeigt, dass die Luftgeschwindigkeit mit der Raumlufttemperatur zusammenhängt - mit steigender Raumlufttemperatur werden höhere Luftgeschwindigkeiten als behaglich empfunden.

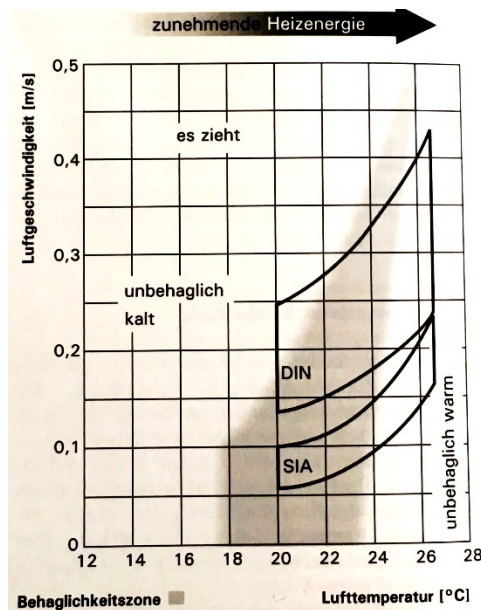


Abbildung 14: Raumluftgeschwindigkeiten (Ranft & Frohn, 2004)

In der nächsten Abbildung wird die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit in Wohnräumen dargestellt.

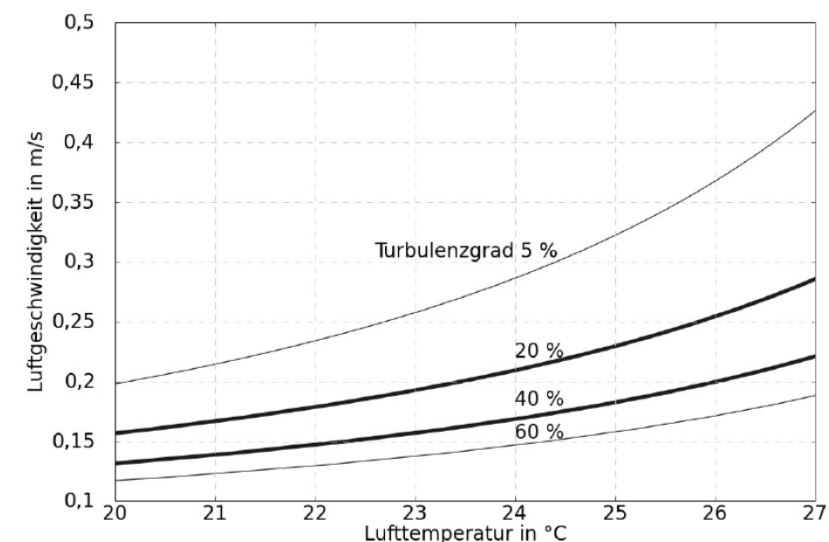


Abbildung 15: Zulässige Luftgeschwindigkeit nach VDI E 4706 (Heyden, 2012)

2.5 Lüftungsmöglichkeiten

Im Folgenden werden die verschiedensten Möglichkeiten einer Lüftung für Wohngebäude aufgelistet und kurz erklärt. Als erstes die natürliche bzw. „freie“ Lüftung:

2.5.1 Natürliche Lüftung

Bei der natürlichen Lüftung von Wohnräumen wird meistens zwischen drei verschiedene Varianten unterschieden. (Schulz & Westkämper, 2013).

2.5.1.1 Fensterlüftung:

Ist die einfachste und meist verbreitete Variante der natürlichen Lüftung. Man unterscheidet dabei weiter zwischen Dauer-, Spalt- und Stoßlüftung.

Werden die Lüftungsintervalle ausgelassen, kommt es zu einer CO₂-Anreicherung und zu Luftfeuchtigkeit von über 80%. Werden jedoch die Lüftungsintervalle zu lang, wird unnötig viel Luft ausgetauscht – siehe folgende Abbildung.

Erreichbare Luftwechsel durch Fensterlüftung		
Fenster, Türen geschlossen	0 - 0,2	1/h
Fenster, gekippt	0,3 - 3	1/h
Fenster, halb offen	2 - 10	1/h
Fenster, ganz offen	5 - 15	1/h
Fenster, Türen, gegenüberliegend offen	bis 40	1/h

Abbildung 16: Durch Fensterlüftung erreichbare Luftwechselzahlen (Schulz & Westkämper, 2013)

Fensterlüftungsverhalten in der Praxis: (Leitzinger, 2014)

- in belegten Räumen wird das Fensterlüften bei ungünstigsten Außenbedingungen vermieden
- Lüftung im Schlafzimmer erfolgt meist erst in der Früh nach dem Aufstehen (zu spät für die Nutzer)
- in unbelegten Räumen ist meistens eine Kipplüftung über mehrere Stunden bei hohen und niedrigen Außentemperaturen (Fensterschließen vergessen) vorhanden
- Stoßlüftung ist oft nicht möglich (Fensterblume, Vorhänge, etc...)

2.5.1.2 Querlüftung:

Querlüftung entsteht durch den Differenzdruck zwischen windzu- und windabgewandter Seite eines Gebäudes. Es entsteht ein Durchzug, der nicht durch geöffnete Fenster sondern durch Zu- und Abluftöffnungen in der Außenwand bzw. in den Fensterrahmen zustande kommt (Schulz & Westkämper, 2013).

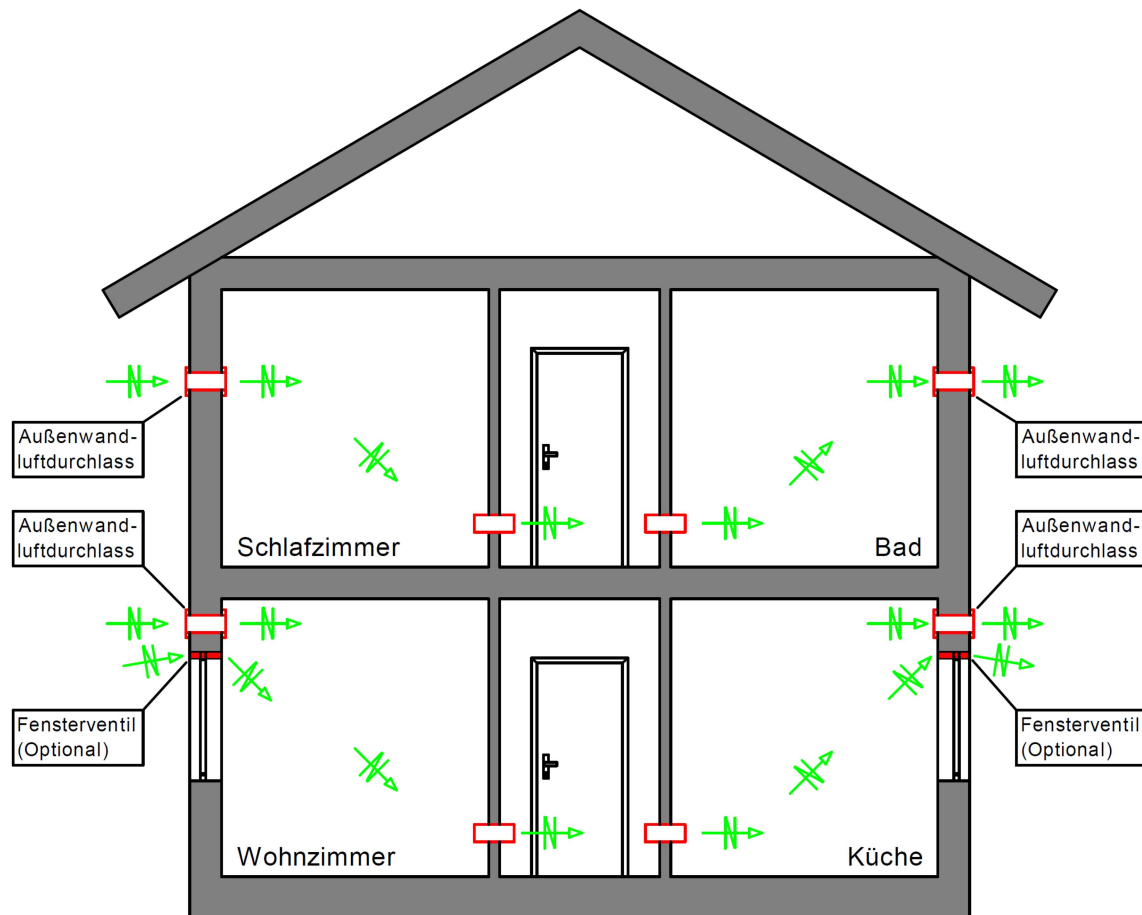


Abbildung 17: Prinzipdarstellung Querlüftung (Schulz & Westkämper, 2013)

Die Zu- und Abluftöffnungen sind kostengünstig und leicht zum Einbauen, da sie ohne Stromanschluss eingestellt werden können, jedoch können durch wechselnde Windrichtung, die Gerüche aus Bad und Küche in die Wohn- und Schlafräume gelangen und eine Wärmerückgewinnung ist ebenfalls nicht möglich (Schulz & Westkämper, 2013).

Einbausituation

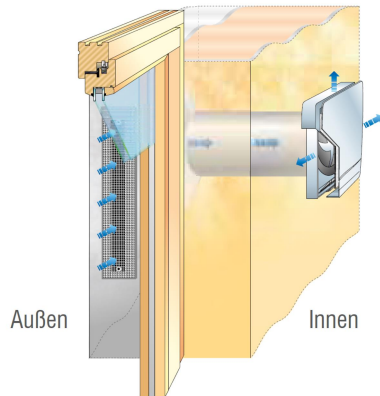


Abbildung 18: Zuluftöffnung für Querlüftung Außenwandluftdurchlass (Firma Aerex, 2016)

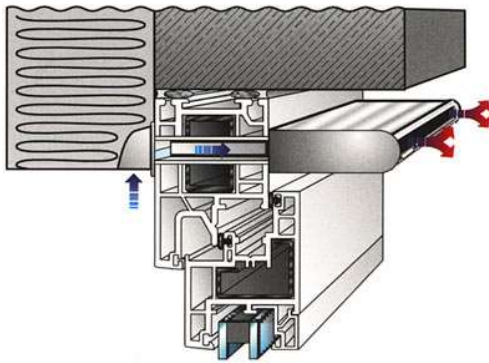


Abbildung 19: Zuluftöffnung für Querlüftung Fensterventil (Firma Aerex, 2016)

2.5.1.3 Schachtlüftung

Bei dieser Variante der natürlichen Lüftung werden die zu be- und entlüftenden Räume mit einem über Dach geführten eigenen Abluftschacht verbunden. Die Außenluft wird über Zuluftöffnungen oder über undichte Türen und Fenster hergestellt. Hier ergeben sich dieselben Nachteile wie bei einer Querlüftung (Schulz & Westkämper, 2013).

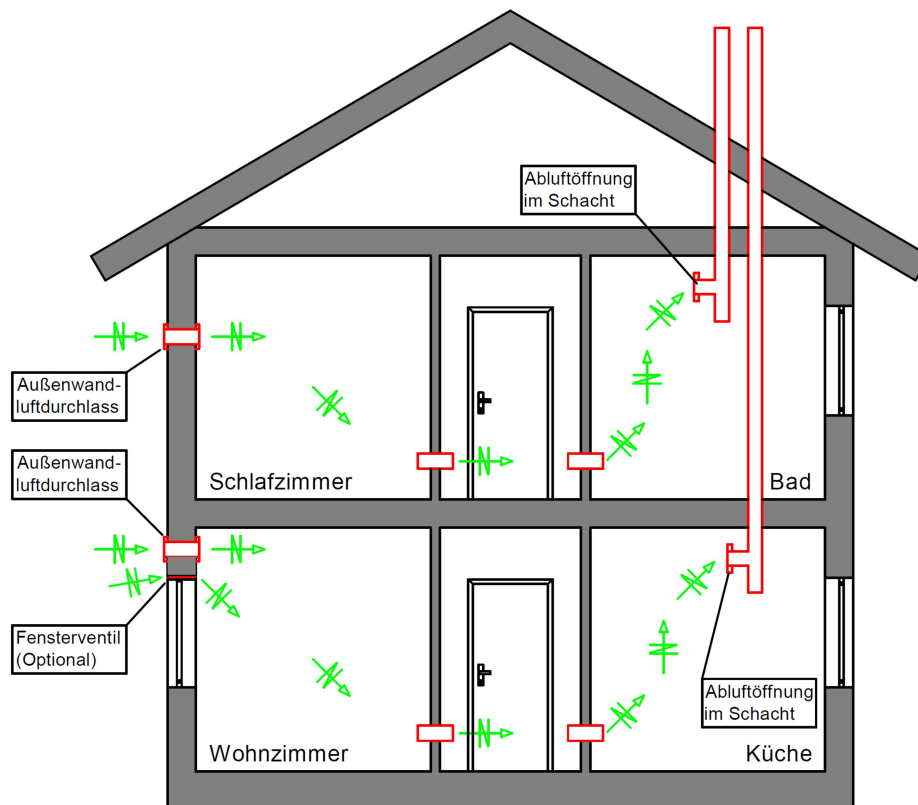


Abbildung 20: Prinzipdarstellung Schachtlüftung (Schulz & Westkämper, 2013)

Jede der drei genannten Varianten kann jedoch Probleme verursachen da wir somit unkontrolliert die Räume be- und entlüften und somit unkontrolliert viel Energie vernichten.

Bezüglich der natürlichen Lüftung und deren Varianten schreibt Königstein, dass wir heutzutage die Lüftung nicht mehr dem Zufall bzw. der Zufallslüftung überlassen dürfen, da sich die Menschen 90% ihrer Zeit in Räumen aufhalten und die Luft bedarfsgerecht den Räumen zugeführt werden muss (Königstein, 2008).

Weiters werden die mechanischen Lüftungsmöglichkeiten vorgestellt. Unter mechanischer Lüftung versteht man Einrichtungen, die auf mechanischem Wege für eine Mindestlüftung im Gebäude sorgen. Mechanische Lüftung erlaubt, einen gewünschten Luftwechsel gezielt einzustellen – dies ist bei der vorherigen Möglichkeit über Fenster, Quer- oder Schachtlüftung nicht möglich (Jagnow & Wolff, 2007).

2.5.2 Mechanische Lüftung ohne Wärmerückgewinnung

Bei der mechanischen Lüftung von Wohnräumen ohne Wärmerückgewinnung, wird meistens zwischen zwei verschiedenen Systemen unterschieden (Schulz & Westkämper, 2013).

- Dezentrale Abluftanlage

Dabei werden Einzelraumlüfter (Abluftgerät mit Ventilator) in den Sanitärbereichen (WC/Badezimmer) eingesetzt, welche über einen gemeinsamen Schacht die verbrauchte Luft über Dach ins Freie abführen. Die Luftnachströmung wird dabei über Außenwandluftdurchlässe (wie bei der natürlichen Querlüftung) oder Fenster gewährleistet (Königstein, 2008).

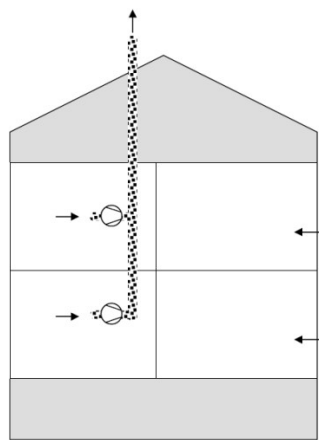


Abbildung 21: Prinzipdarstellung dezentrale Abluftanlage (Jagnow & Wolff, 2007)



Abbildung 22: Einzelraumlüfter (Firma Maico, 2015)

Folgende Varianten der Regelung/Steuerung solcher Einzelraumlüfter sind möglich (Firma Maico, 2015):

- Steuerung über Lichtschalter (Ein/Aus) mit Nachlaufzeit
- Steuerung über Bewegungssensoren
- Steuerung über Hygrostat (Feuchtesteuerung)
- Steuerung über Intervallzeiteinstellung

- Zentrale Abluftanlage

Bei dieser Variante kommt ein zentraler Abluftventilator zum Einsatz, welcher durch ein Lüftungsnetz über einen gemeinsamen Schacht die einzelnen Abluftbereiche (WC, Badezimmer, Küche) versorgt. Dabei wird die Luft über Abluftelemente abgesaugt und über den zentralen Abluftventilator über Dach geführt. Die Zuluftnachströmung erfolgt dabei über Zuluftelemente in der Außenwand oder in den Fenstern, welche durch Unterdruck geöffnet werden (Firma KROBATH, 2016).



Abbildung 23: Abluftelement (Firma KROBATH, 2016)



Abbildung 24: Zuluftelement Fenster (Firma KROBATH, 2016)

Folgende Varianten der Regelung/Steuerung solcher zentralen Abluftanlagen sind möglich (Firma KROBATH, 2016):

- Steuerung Hygrostat (Feuchtsteuerung)
- Steuerung über eingestellte fixe Luftmenge (Konstantbetrieb)

2.5.3 mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Bei der mechanischen Lüftung von Wohnräumen mit Wärmerückgewinnung wird zwischen zwei verschiedene Varianten unterschieden (Schulz & Westkämper, 2013).

Zentrale Lüftungsanlage

Wie in der Abbildung 25 und Abbildung 26 ersichtlich, kommt bei dieser Variante ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Dabei wird von dem zentralen Lüftungsgerät ein Lüftungsnetz durch das gesamte Gebäude verlegt. Die Leitungsführung erfolgt zu jeder Wohnung und weiter zu jedem Raum. Die Regelung je Wohneinheit bzw. Wohnbereich erfolgt bei dieser Variante über dezentrale Regeleinheiten wie z.B.: Volumenstromregler (Königstein, 2008).

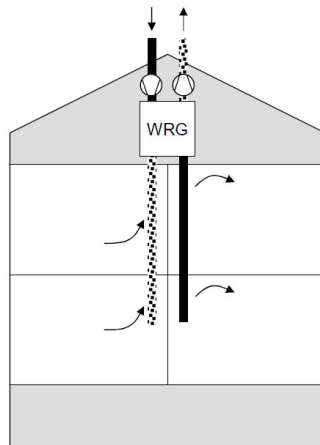


Abbildung 25: Prinzipdarstellung zentrale Lüftungsanlage (Jagnow & Wolff, 2007)

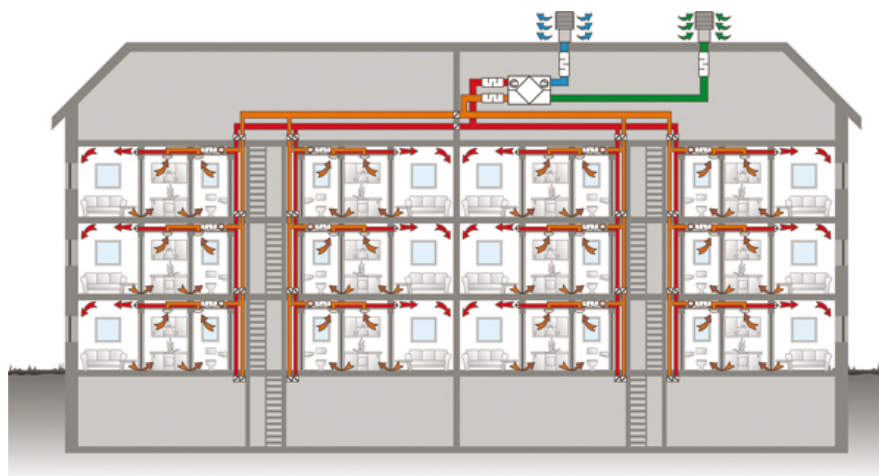


Abbildung 26: Zentrale Lüftungsanlage mit WRG für Mehrfamilienhäuser (IKZ-Haustechnik, 2016)

Dezentrale Lüftungsanlage

Bei dieser Variante kommt ein dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Es wird weiters unterschieden zwischen zentralem Lüftungsgerät in der Wohnung, bei dem das Leitungsnetz in der Wohnung verlegt wird und über einen Schacht oder direkt durch die Außenwand die Frischluftansaugung bzw. Fortluftausblasung stattfindet, und dezentralem Lüftungsgerät je Raum, wodurch in jedem Raum ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung vorgesehen wird und die Frisch- und Fortluft direkt durch das Gerät an der Außenwand erfolgt (Königstein, 2008).

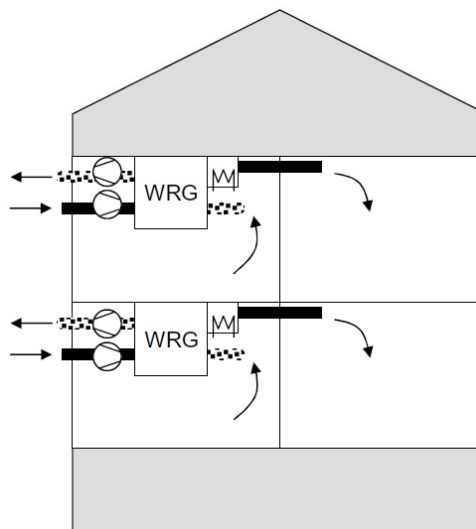


Abbildung 27: Prinzipdarstellung dezentrales Lüftungssystem (Jagnow & Wolff, 2007)

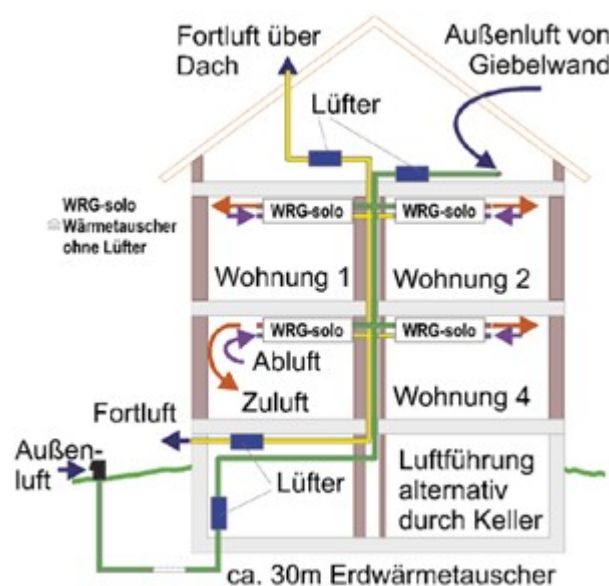


Abbildung 28: Dezentrale Lüftungsanlage mit WRG für Mehrfamilienhäuser (IKZ-Haustechnik, 2016)

2.6 Wohnraumlüftung

2.6.1 Warum Wohnraumlüftung?

Durch die gute Luftdichtheit der Gebäude, werden durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung, die Energieeffizienz, die Lüftungsaktivität, der thermische Komfort und die hygienischen Anforderungen unterstützt (ÖNORM H 6038, 2014).

Laut KLA gibt es zehn Gründe für eine Wohnraumlüftung (KLA Komfortlüftungssysteme Austria, 2016):

- 1) Stets angenehmes Raumklima ohne über Fenster lüften zu müssen
- 2) Durch Abtransport der Schadstoffe in der Luft fühlt man sich körperlich und geistig lebendiger
- 3) Lärm bleibt draußen, Fenster müssen nicht geöffnet werden
- 4) Insekten werden durch den integrierten Filter in der Lüftungsanlage abgefangen und gelangen nicht in das Gebäude
- 5) Üble Gerüche werden abgeführt und man verhindert dass diese sich festsetzen
- 6) Lüften in der Pollensaison ist kein Problem, da die Pollen durch den integrierten Filter abgefangen werden – besonders wichtig für Allergiker
- 7) Behaglichkeit im Winter ist gewährleistet da durch die Wärmerückgewinnung keine kalte Luft in das Gebäude transportiert wird
- 8) Sicherheit gegen Einbrecher, Fenster können über Nacht geschlossen bleiben
- 9) Feuchtigkeitsschutz für Bauteile und in weiterer Folge für die Personen. Wohnraumlüftung sorgt für den Feuchteabtransport
- 10) Der Wert des Hauses/ der Wohnung wird gesichert - Komfortlüftung gehört immer mehr und mehr zur Standardausstattung bei Häusern/Wohnungen

Mehr als 90 % aller Besitzer einer Wohnraumlüftungsanlage bestätigen ihre hohe Zufriedenheit mit dieser Technologie und möchten diese nicht mehr missen (KLA Komfortlüftungssysteme Austria, 2016).

2.6.2 Notwendigkeit der Wohnraumlüftung

Für Königstein (2008) hat die Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung aus hygienischer und energietechnischer Sicht einen Stellenwert erreicht, der ebenso hoch ist wie der der Beheizung, Wasserversorgung und Beleuchtung unserer Wohnungen.

Weiters schreibt er, dass früher vor allem durch undichte Fenster ein unkontrollierter und durch Windverhältnissen abhängiger Luftaustausch entstanden ist, der ausreichend jedoch oft deutlich zu hoch war und welcher sich auf den Lüftungswärmeverlust negativ ausgewirkt hat (Königstein, 2008).

DI Tappler schreibt, dass die Menschen in geschlossenen Räumen mehr Schadstoffe einatmen als an dicht befahrenen Straßenkreuzungen. Ein Grund dafür sollen die modernen Fenster und Türen, die beinahe luftdicht abschließen, sein. Solche Maßnahmen sind sinnvoll, weil damit Energie gespart wird. Aber leider gelangt dadurch zu wenig Frischluft in die Räume. Daher ist es wichtig unser Lüftungsverhalten den neuen Gegebenheiten anzupassen. Weiters belasten beispielsweise üble Gerüche, Zigarettenrauch, Reinigungsmittel oder Kochdunst die Atemluft. Baustoffe, Materialien der Inneneinrichtung oder das Erdreich können ebenfalls Schadstoffquellen sein. Enthält die Innenraumluft große Mengen an Schadstoffe, kommt man vor allem über die Atmung mit diesen in Kontakt. Damit werden auch größere Mengen an Schadstoffen in den Körper aufgenommen (Tappler, Innenluftqualität und Gesundheit, 2014).

3. Grundlegende Normen, Richtlinien und Qualitätskriterien

Die Wichtigkeit der Thematik „Lüftung“ wird durch die zahlreich vorhandenen nationalen und internationalen Normen verdeutlicht. Für den Wohnbau ist die ÖNORM H 6038 von großer Bedeutung, weshalb sie im folgenden Unterkapitel näher erläutert wird.

3.1 ÖNORM H 6038

3.1.1 Norm-Titel

Die ÖNORM H 6038 wurde am 15.02.2014 veröffentlicht. Sie ersetzte die ÖNORM H 6038 aus dem Jahr 2006. Der genaue Norm-Titel lautet:

„Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung“

3.1.2 Anwendungsbereich

Diese ÖNORM behandelt die Planung von Außenluftbedarf, Luftverteilung, Brand- und Schallschutzmaßnahmen, Regelung und Steuerung, Ausführung sowie Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung von kontrollierten Wohnungslüftungs-Systemen, um die gewünschte Raumluftqualität sicherzustellen. Weiters werden Anforderungen an die Komponenten sowie Methoden zur Prüfung der zugehörigen Leistungsdaten festgelegt. Die Ausführungen in dieser ÖNORM gelten im Besonderen für: (ÖNORM H 6038, 2014)

- Einzelanlagen je Wohnung
- Zentralanlagen für mehrere Wohnungen

3.1.3 Begriffsbestimmungen

Anbei sind die wichtigsten Begriffe aufgelistet (ÖNORM H 6038, 2014):

- Abluftraum; Raum, aus dem Abluft abgeführt wird
- Aufenthaltsbereich in Wohnungen; Bereich in Räumen zum dauernden Aufenthalt von Menschen, der durch eine Höhe von 1,8 m über Fußboden, einen Abstand von 0,5 m von den Wänden und einen Abstand von 1,0 m von Fenstern und Türen gebildet wird
- kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen; mechanische Zu- und Abführung der Luft zur kontrollierten Zufuhr des erforderlichen Außenluft-Volumenstromes und zur gezielten Abführung der Fortluft
- mechanische Zu- und Abluftanlage; Gesamtheit der Bauteile, Baugruppen und Geräte, die der Behandlung sowie der mechanischen Zu- und Abführung von Luft dienen
- Mehrfachnutzung der Luft; Art der Luftführung, bei der die Überströmluft aus einem Raum die Zuluft für den nächsten Raum ist
- Telefonieschall; Luftschallübertragung zwischen Räumen, die durch Luftleitungen oder Überströmdurchlässe verbunden sind
- Überströmluft; Raumluft, die vom behandelten Raum in einen anderen behandelten Bereich strömt
- Überströmraum; Raum, in dem Luft aus mindestens einem anderen Raum einströmt und in mindestens einen anderen Raum ausströmt
- Zulufttraum; Raum, dem Zuluft zugeführt wird

3.1.4 Anforderungen an den Betrieb

Die Anforderungen an die kontrollierte Wohnraumlüftung ist in der ÖNORM H 6038 (2014, S. 5) wie folgt beschrieben:

„Die Anforderungen an kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen betreffen die Verbesserung der Innenraumluftqualität und Energieeffizienz in Hinblick auf:

- *die Immissionen, verursacht durch die Nutzung,*
- *die Emissionen des Bauwerks und der Raumausstattung,*
- *die Beeinflussung der Raumluftfeuchte (Sicherung von Gesundheit, Komfort und Bautenschutz),*
- *den Schutz vor Außenlärm unter Sicherstellung des Schallschutzes innerhalb der Wohnung,*
- *die Einhaltung hygienischer Standards und*
- *die Verringerung des Energiebedarfs.“*

Es sind noch weitere Normen, welche sich auf verschiedenster Art auf die Lüftungssysteme beziehen, vorhanden, jedoch ist die ÖNORM H 6038 die einzige ÖNORM, welche sich auf den Wohnbau spezialisiert hat. Teilweise bestehen normative Verweise zu den unter dem nächsten Punkt angeführten Normen, welche hier jedoch nicht im Detail betrachtet werden.

3.2 Weitere Normen/Richtlinien

- ÖNORM EN 1751 - Lüftung von Gebäuden; Geräte des Luftverteilungssystems, Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperrelementen
- ÖNORM EN 12237 - Lüftung von Gebäuden; Luftleitungen, Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech
- ÖNORM EN 13141 - Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für mechanische Lüftungsanlagen in Wohneinheiten (Wohnung oder Einfamilienhaus)
- ÖNORM EN 13501-1 - Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
- ÖNORM EN 13779 - Lüftung von Nichtwohngebäuden; Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme
- ÖNORM EN 14134 - Lüftung von Gebäuden; Leistungsprüfung und Einbaukontrollen von Lüftungsanlagen von Wohnungen
- ÖNORM EN 15251 - Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- ÖNORM EN 15780 - Lüftung von Gebäuden; Luftleitungen, Sauberkeit von Lüftungsanlagen
- ÖNORM EN ISO 7730 - Ergonomie der thermischen Umgebung; Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005)
- ÖNORM H 5155 - Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen
- ÖNORM H 6021 - Lüftungstechnische Anlagen; Reinhaltung und Reinigung
- OIB-Richtlinie 5 - Ausgabe Oktober 2011, Schallschutz

3.3 Qualitätskriterien

Zusätzlich zu den Normen werden weitere Qualitätskriterien in Österreich verfolgt um eine einheitliche Grundlage für Planer, Bauträger und Architekten zu definieren.

Es handelt sich dabei um 60 Qualitätskriterien, welche sich in 13 Kategorien gliedern. Die einzelnen Qualitätskriterien werden nicht näher beschrieben, es werden lediglich die 13 Kategorien kurz aufgelistet (www.Komfortlüftung.at, 2011):

- Luftqualität (LQ); Luftqualitätsklassen, Beeinflussung
- Luftfeuchte (LF); Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte im Winter
- Akustik (AK); Schallschutzanforderungen
- Thermischer Komfort (TK); Zulufttemperaturen und Lufteinbringung
- Nutzersteuerung (NS); Art der Luftmengensteuerung und –regelung
- Hygiene (HY); Hygieneanforderungen, Filterklassen und Leckagen
- Frostschutz (FS); Frostschutzstrategien
- Energieeffizienz (EE); Elektrische und thermische Effizienz
- Betriebssicherheit (BS); Brandschutz, Ausfallsicherheit
- Wartungs- und Betriebskosten (WB); Anforderungen an Wartungs- und Betriebskosten
- Integration und Optik (IO); Unterschiedliche Arten der Integration im Bauwerk
- Zusatzfunktion (ZF); Warmwasserbereitung / Raumheizung / Nachtlüftung / Klimatisierung
- Anlagensystem (AS); zentral / semi-zentral / dezentral / raumweise

Bis zu diesem Punkt wurden die allgemeinen Grundlagen, welche im Zusammenhang mit der Lüftung stehen, beschrieben.

Da der energetische und wirtschaftliche Aspekt für zukünftige Betrachtungen am wichtigsten ist, wird die mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung, sprich die kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, detaillierter versucht zu erklären und zu analysieren. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den mehrgeschossigen Wohnbau gelegt.

4. Kontrollierte Wohnraumlüftung mit WRG

4.1 Funktion einer KWL-Anlage

Das Grundprinzip der KWL laut ÖNORM H 6038 ist, dass durch Einbau einer kontrollierten mechanischen Lüftung der gesamte Wohnbereich automatisch be- und entlüftet wird.

Wie in der nachstehenden Abbildung ersichtlich, wird zwischen Zuluft-, Überström- und Ablufträume unterschieden. In den Zulufräumen wird die aufbereitete Außenluft eingeströmt und über definierte Überströmräume weiters an die Ablufträume abgegeben, wo die Schad- und Geruchsstoffe sowie Feuchte abgeführt werden (ÖNORM H 6038, 2014).

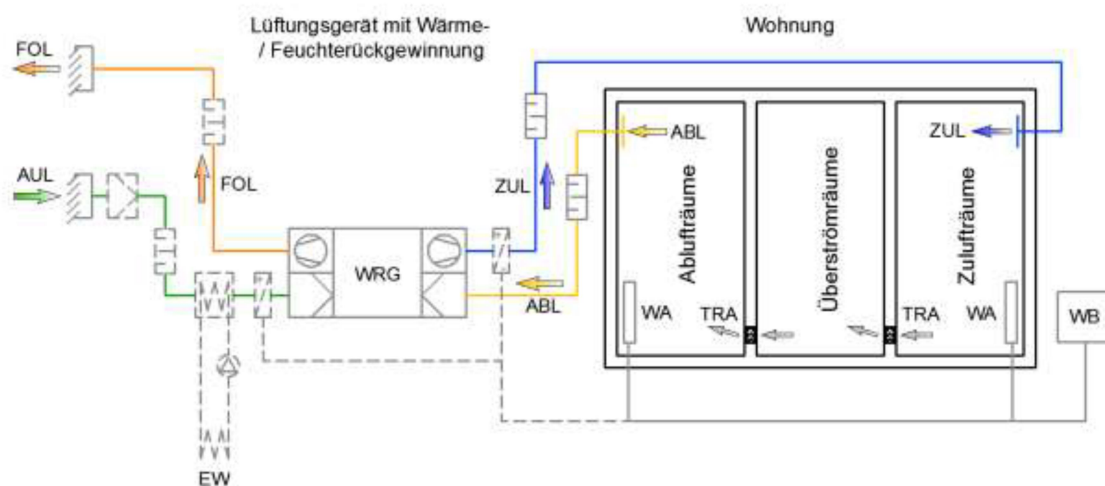


Abbildung 29: Schematische Darstellung der kontrollierten, mechanischen Be- und Entlüftung (ÖNORM H 6038, 2014)

Die Aufgabe einer kontrollierten Wohnraumlüftung ist folgendes (Recknagel, Sprenger, & Schramek, 2005):

- Die Wohnräume ohne Öffnen der Fenster mit Frischluft zu versorgen und die von Baustoffen oder den Personen produzierte, mit CO₂ angereicherte Luft gegen Außenluft zu ersetzen.
- Eine bestimmte Raumlufttemperatur durchzuführen von gekühlter, bzw. erwärmter Luft einzuhalten.
- Die bestimmte Raumluftfeuchte durch Abführen oder Zuführen der getrockneten oder befeuchteten Luft einzuhalten.

4.2 Steuerung einer KWL-Anlage

Der Betrieb der Lüftungsanlage kann manuell, zeitabhängig oder abhängig von der Luftqualität gesteuert werden. Laut der ÖNORM H 6038 ist aus energetischen Gründen grundsätzlich eine luftqualitätsabhängige Regelung empfehlenswert.

Die Volumenströme für Zu- und Abluft sind gleich groß zu betreiben. Zu groß gewählte Außenluft-Volumenströme erhöhen sowohl die Lüftungswärmeverluste als auch den Stromverbrauch und führen bei niedrigen Außenlufttemperaturen zu geringer relativer Raumluftfeuchte.

Für den Betrieb der Lüftungsanlage einschließlich der Wärmerückgewinnung ist beim Betriebs-Luftvolumenstrom und den dabei auftretenden Druckverlusten eine spezifische elektrische Leistungsaufnahme des gesamten Lüftungsgerätes von höchstens $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ einzuhalten (ÖNORM H 6038, 2014).

4.3 Lüftungssysteme

4.3.1 Zentrales Lüftungssystem

Das folgende System basiert auf einer zentralen Wärmerückgewinnung für Wohnbauten aller Größen, und dezentralen Luftregulierungen je Wohneinheit, welche exakt auf den Bewohnerwunsch abgestimmt werden können.

Die Heizung wird unabhängig von der Lüftung über ein anderweitiges System abgedeckt. Für die erforderliche Außenlufterwärmung kann ein Solekreis oder das konventionelle Heizsystem genutzt werden. Optional kann auch Wärme über die Zuluft in die Wohneinheiten eingebracht werden (Firma drexel und weiss, 2016).

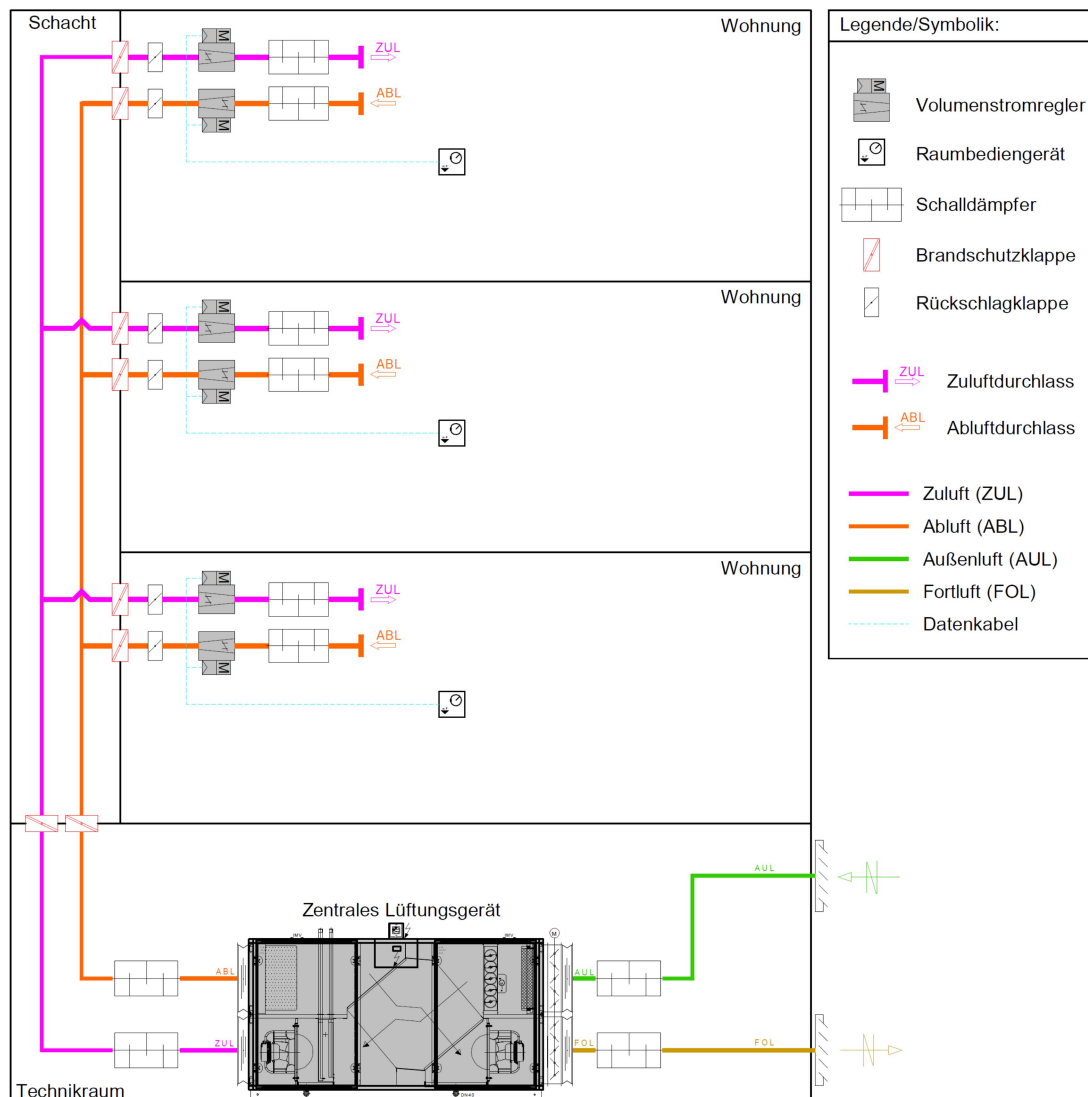


Abbildung 30: Schema, zentrales Lüftungssystem (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)

4.3.2 Semizentrales Lüftungssystem

Dieses System basiert auf einer zentralen Wärmerückgewinnung für Wohnbauten aller Größen und dezentralen miteinander vernetzten Luftregulierelemente je Wohneinheit, welche exakt auf den Bewohnerwunsch abgestimmt werden können.

Die Heizung wird unabhängig von der Lüftung über ein anderweitiges System abgedeckt. Für die erforderliche Außenlufterwärmung kann ein Solekreis oder das konventionelle Heizsystem genutzt werden. Optional kann auch Wärme über die Zuluft in die Wohneinheiten eingebracht werden (Firma drexel und weiss, 2016).

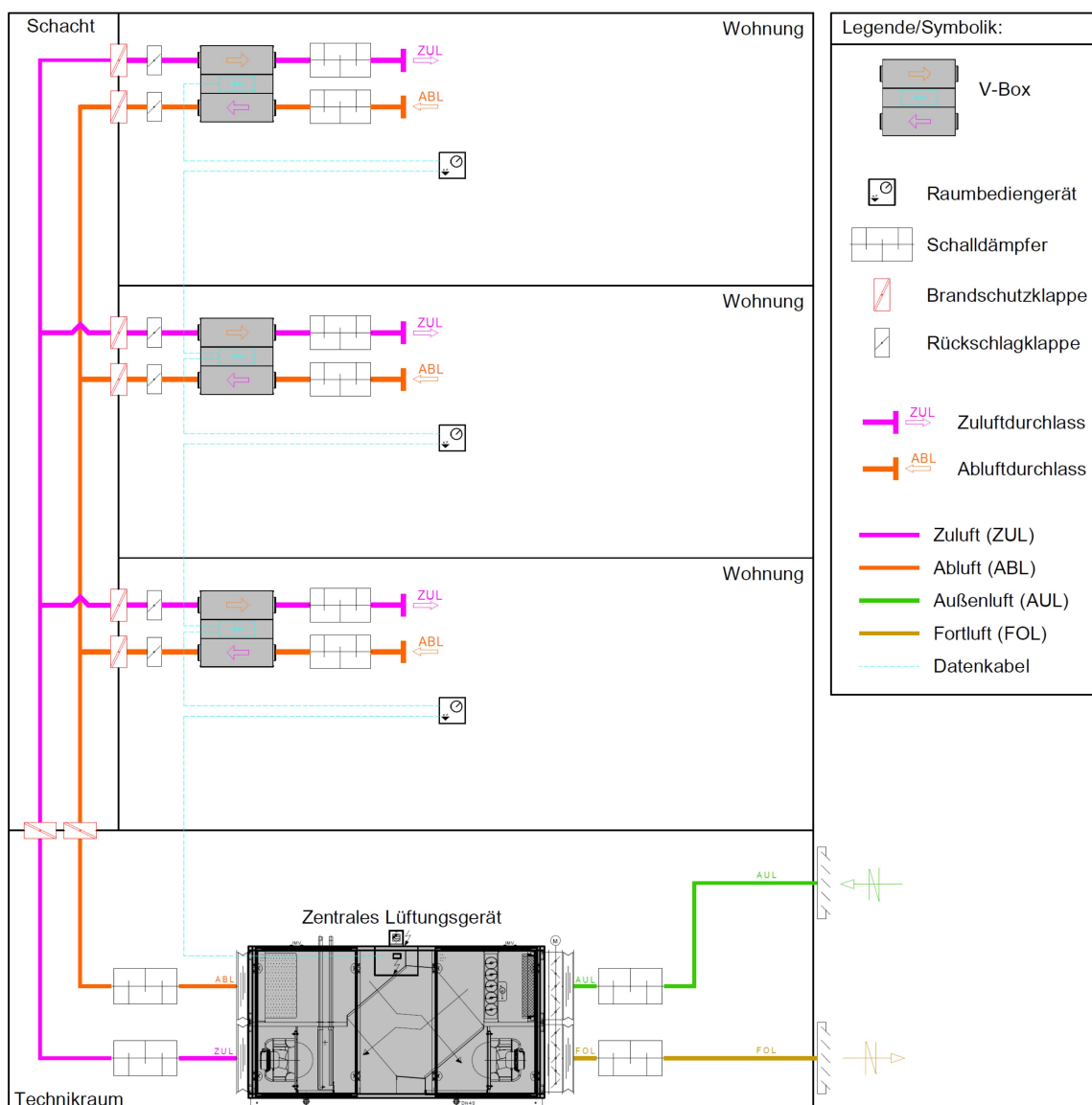


Abbildung 31: Schema, semizentrales Lüftungssystem (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)

4.3.3 Dezentrales Lüftungssystem

Das folgende System basiert auf einer dezentralen Wärmerückgewinnung für Wohnbauten aller Größen mit eigenen Wohnraumlüftungsgeräten in jeder Wohneinheit, welche ebenfalls exakt auf den Bewohnerwunsch abgestimmt werden können.

Die Heizung wird unabhängig von der Lüftung über ein anderweitiges System abgedeckt. Für die erforderliche Außenlufterwärmung kann ein Solekreis, das konventionelle Heizsystem oder ein Elektro-Heizregister genutzt werden. Optional kann auch Wärme über die Zuluft in die Wohneinheiten eingebracht werden (Firma drexel und weiss, 2016).

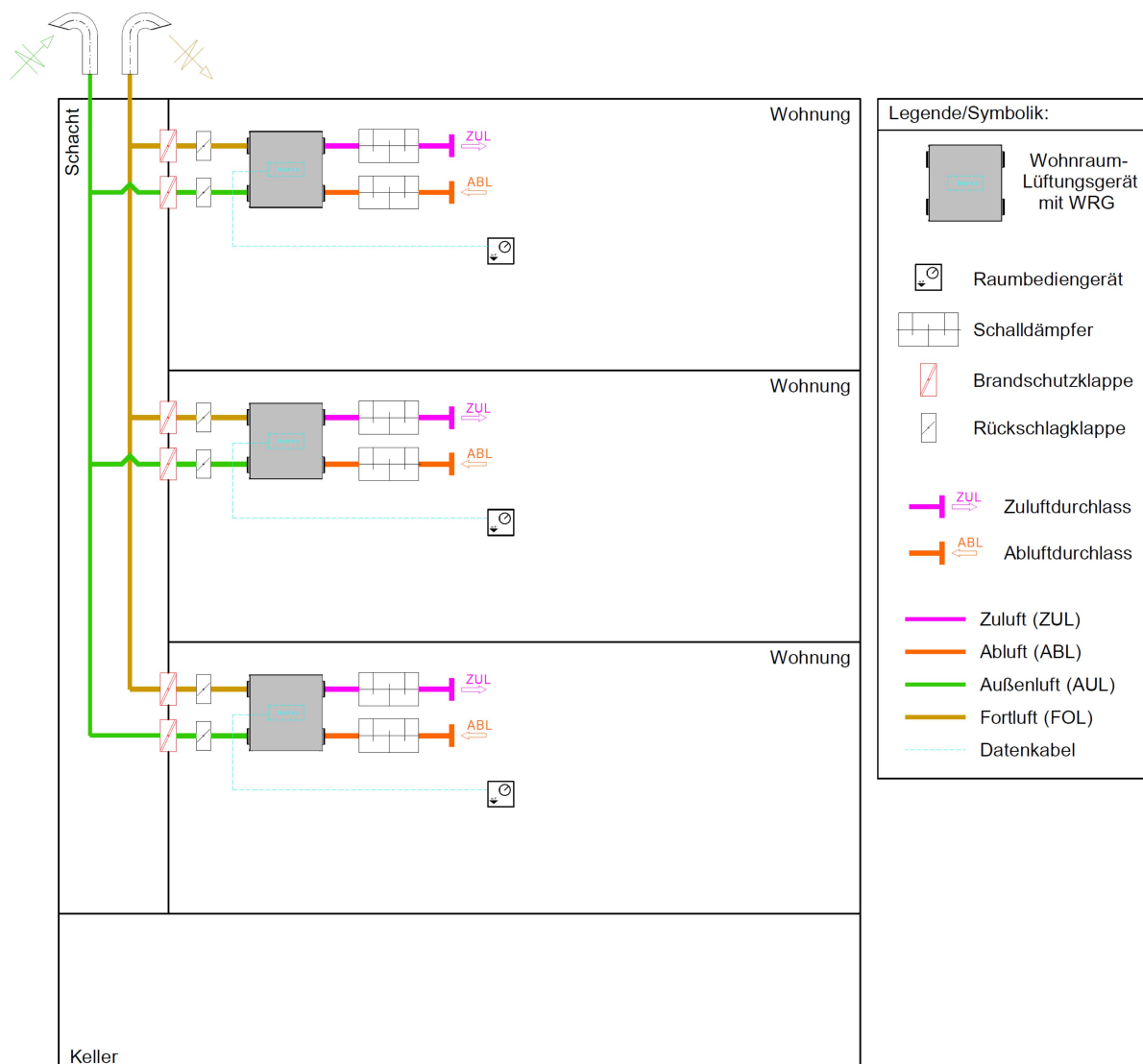


Abbildung 32: Schema, dezentrales Lüftungssystem (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)

4.3.4 Einzelraumlüftung

Einzelraumlüfter zählen ebenfalls zum dezentralen Lüftungssystem, dabei erhält jeder Aufenthaltsraum ein eigenes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Für die Installation ist lediglich ein Mauerdurchbruch sowie ein Stromanschluss erforderlich. Die Lüftungskanäle sind bei diesem System nicht erforderlich. Für Wohneinheiten lassen sich mehrere Geräte unabhängig voneinander einsetzen. (Firma Viessmann, 2016)



Abbildung 33: Prinzipdarstellung der Einzelraumlüfter mit WRG (Firma Viessmann, 2016)

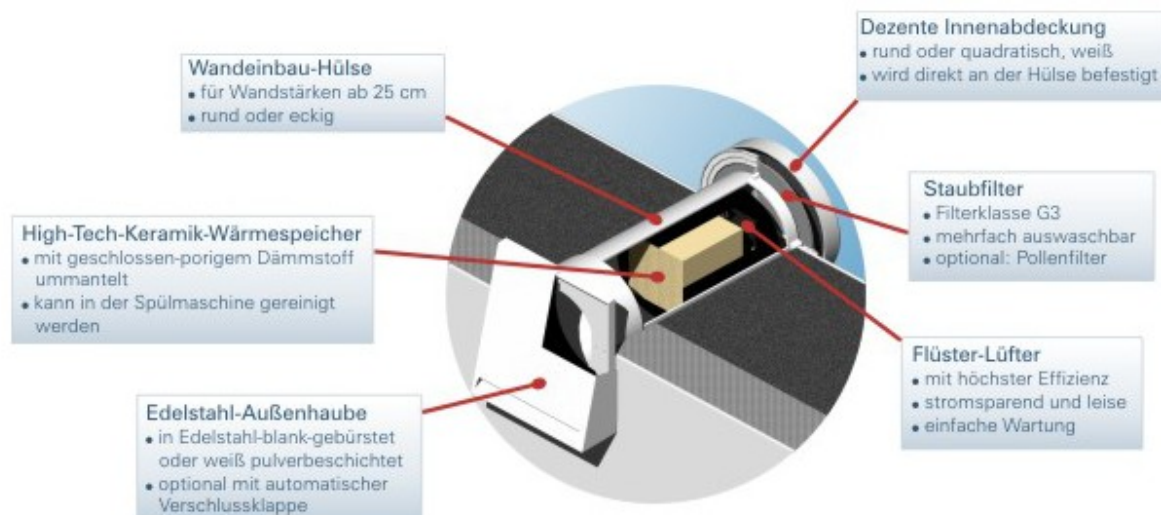


Abbildung 34: Aufbau Einzelraumlüfter (Firma Inventer, 2016)

4.4 Aufbau der Lüftungsgeräte

Basler & Hofmann schreiben, dass unter dem Begriff „Komfortlüftungssysteme“ alle Leitungen, Geräte und übrige Komponenten zusammengefasst und untereinander optimal abgestimmt werden müssen um eine automatisierte Zu- und Abluft von Luft in Wohnräumen zu gewährleisten und richtig zu betreiben (Basler & Hofmann, 2003).

Lüftungsgeräte müssen folgende Hautkomponenten aufweisen (ÖNORM H 6038, 2014):

- Gehäuse
- Luftfilter in der Außenluft (Zuluft) und Abluft
- Luft/Luft-Wärmetauscher mit oder ohne Feuchterückgewinnung
- Ventilatoren
- Steuer- und Regeleinrichtung

Weitere mögliche Bestandteile (ÖNORM H 6038, 2014):

- Luftklappen
- Bypass am Luft/Luft-Wärmetauscher
- Vorfilter in der Außenluft bei Vorerwärmung
- Vor- und Nacherhitzer
- integrierter Schalldämpfer

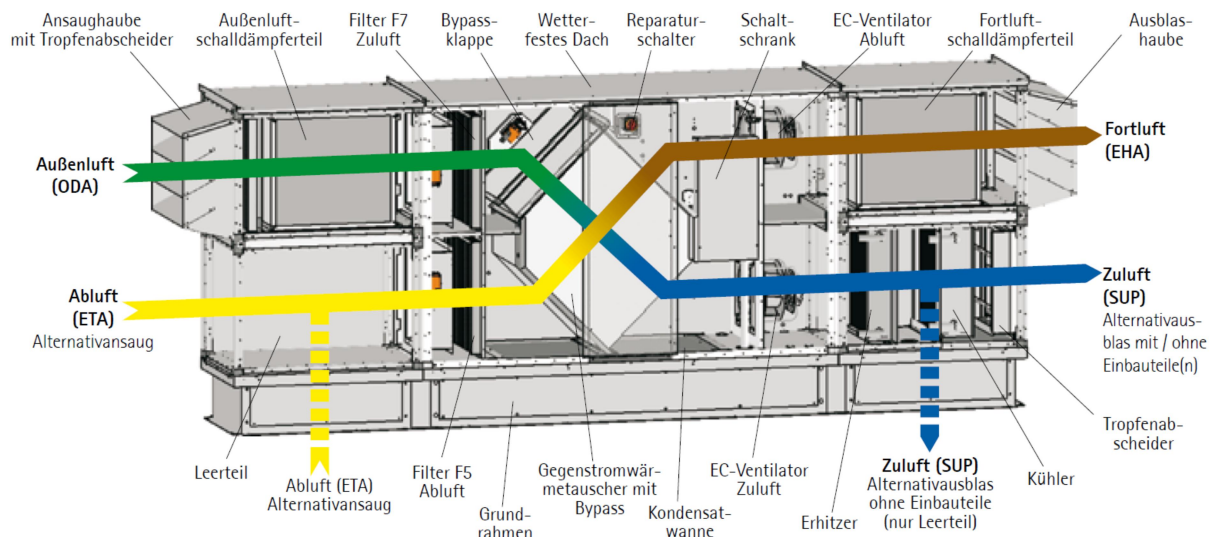


Abbildung 35: Geräteausführung Großgerät, zentrales Lüftungsgerät (Firma Wolf, 2016)

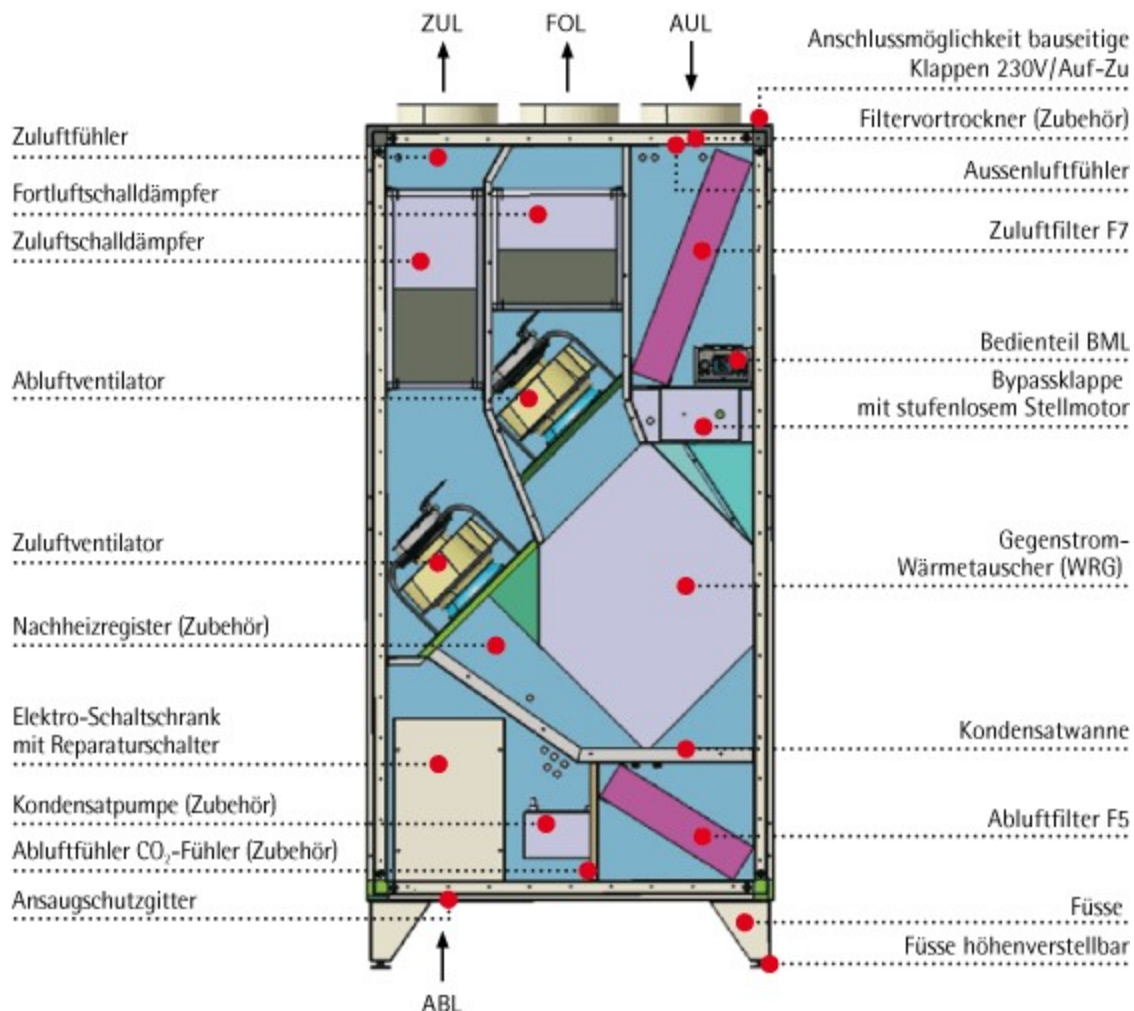


Abbildung 36: Geräteausführung Kleingerät, dezentrales Lüftungsgerät (Firma Wolf, 2016)

In dem folgenden Abschnitt werden die Komponenten und die Mindestanforderungen an die Komponenten der kontrollierten Wohnraumlüftung mit WRG erklärt.

4.4.1 Gerätegehäuse

Das Gehäuse hat folgenden Mindestanforderungen zu entsprechen (ÖNORM H 6038, 2014):

- mechanisch beanspruchbares Material
- innen abriebfest und glattflächig für einfache Reinigung
- minimierte Wärmebrücken, um Kondensation an der Gehäusefläche zu verhindern



Abbildung 37: Gehäuse Klein-Wohnraumlüftungsgerät (Firma KL-Lufttechnik, 2016)

4.4.2 Ventilatoren

Für die Lüftungsgeräte kommen meist zwei Arten der Ventilatoren zum Einsatz - Radialventilatoren mit vorwärts oder rückwärts gekrümmten Schaufeln. Die geräuscharmen Radialventilatoren mit vorwärts gekrümmten Schaufeln werden auch mit Spiralgehäuse eingesetzt. Die Radialventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln sind als Freiläufer konzipiert und benötigen kein Spiralgehäuse. Bei den Radialventilatoren mit Außenläufermotoren ist der Motor im Laufrad platziert, was neben der optimalen Kühlung des Motors auch eine besonders kompakte Bauweise ergibt. Die Ventilatoren werden mit EC-Motoren ausgestattet und sind somit sehr energieeffizient (Firma ebmpapst, 2016).



Abbildung 38: EC-Radialventilatoren für KWL-Anlagen (Firma ebmpapst, 2016)

Die Ventilatoren sind so einzubauen, dass eine Wartung und Reparatur leicht möglich (ÖNORM H 6038, 2014).

4.4.3 Luftfilter

Im Bereich der Wohnraumlüftung werden verschiedene Arten der Filter eingesetzt. Die am häufigsten verwendeten Luftfilter im Bereich Wohnbau sind (Leitzinger, 2014):

- Taschenfilter
- Mattenfilter
- Z-Line-Filter
- Plissee-Filter



Taschenfilter



Mattenfilter



Z-Line-Filter



Plissee-Filter

Abbildung 39: Luftfilterarten, Allgemeine Raumlüftungstechnik (Firma Camfil, 2015)

Laut ÖNORM H 6038 ist in der Außenluft ein Luftfilter mindestens der Klasse F7 und in der Abluft ein Filter mindestens der Klasse G4 vorzusehen. Weiters ist beschrieben, dass der Einbau und die Befestigung der Luftfilter so konzipiert werden müssen, dass ein Filterwechsel ohne Werkzeuge erfolgen kann (ÖNORM H 6038, 2014)

Um die Filterklassen zu verstehen wird in der folgenden Abbildung der Größenvergleich zwischen einem menschlichen Haar und der Pollen dargestellt.

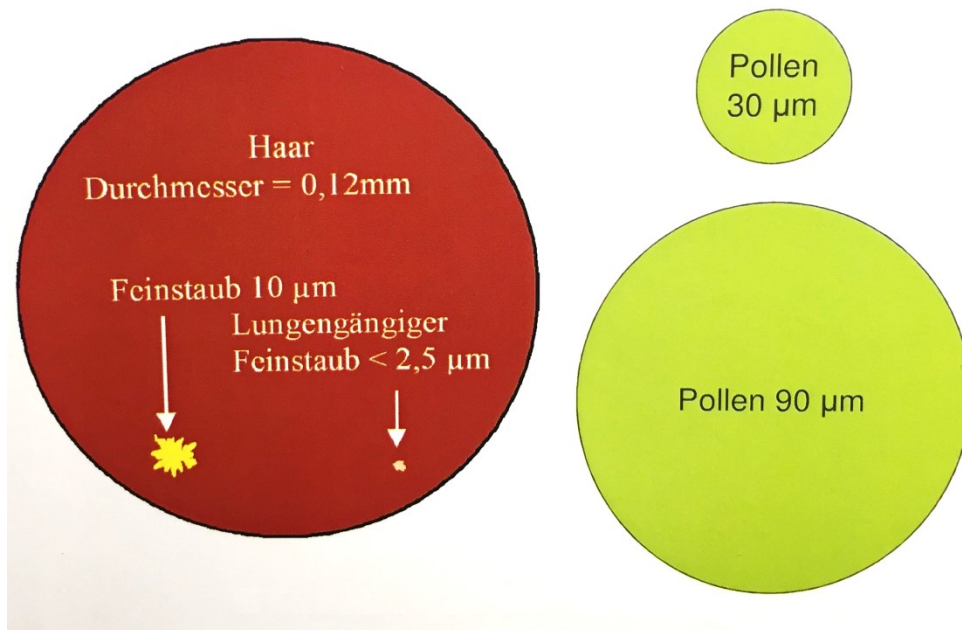


Abbildung 40: Staub-Größenvergleich (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2016)

Weiters werden in der folgenden Abbildung die Abscheidegrade der jeweiligen Filterklassen dargestellt.

Partikelgröße µm	>10	>1	>0,1	0,01 - 0,1
Partikel	Pollen, Grobstaub	Sporen	Bakterien	Feinstaub (Ruß, Viren, Abgase)
Filterqualität	Abscheidegrad			
G4	85%	15%	0%	0%
F6	100%	50%	5%	0 - 5%
F7	100%	85%	25%	0 - 25%
F8	100%	95%	35%	0 - 35%
F9	100%	98%	45%	0 - 45%

Abbildung 41: Abscheidegrade verschiedener Filterklassen (www.komfortlüftung.at, 2016)

Für eine vollständige Pollenfilterung ist jedoch als Mindestanforderung ein Filter der Klasse M5 erforderlich (Leitzinger, 2014).

4.4.4 Wärmerückgewinnung

Die Wärmerückgewinnung einer Lüftungsanlage nutzt die Abluft, um die frische Außenluft vorzuwärmen. Dazu stehen mehrere unterschiedliche Technologien der Wärmeübertragung – mit und ohne Feuchterückgewinnung – zur Verfügung (www.komfortlüftung.at, 2014).

In dieser Arbeit werden nur die häufigsten Arten behandelt, die in Komfortlüftungsgeräten eingesetzt werden.

Die häufigste Variante der Wärmerückgewinnung erfolgt durch die sogenannten Plattenwärmetauscher. Der Plattenwärmetauscher besteht aus dicht aneinandergereihten Platten, die schmale Luftkanäle ausbilden, in denen Abluft und Zuluft aneinander vorbeigeführt werden, ohne dass sich die beiden Luftströme vermischen können. Bezüglich Bauform und Art der Strömungsrichtung von Plattenwärmetauschern unterscheidet man grundsätzlich zwischen (www.komfortlüftung.at, 2014):

- Kreuzstrom-Wärmetauscher
- Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher
- Gegenstrom-Wärmetauscher


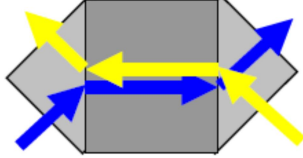
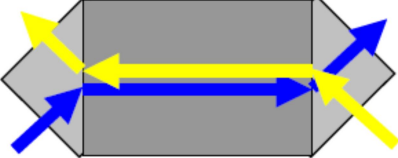
Anteil Wärmeübertragung im Gegenstromprinzip:		
		
Kreuzstrom-Wärmetauscher < 25%	Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher 25 % - 75 %	Gegenstrom-Wärmetauscher > 75%

Abbildung 42: Strömungsführung bei Plattenwärmetauschern (www.komfortlüftung.at, 2014)

Als Materialien für die Trennflächen kommen nicht korrosive Materialien in Frage, wie z. B. Aluminium oder thermoplastische Kunststoffe. Die Materialwahl hat nur einen geringen Einfluss auf die Effizienz. Wesentlich bedeutsamer ist die Größe des Wärmetauschers und das Flächenverhältnis Gegenstrom zu Kreuzstrom. Der Wärmetauscher ist so auszulegen, dass die Zuluft nach dem Austritt aus dem Gerät zumindest 17 °C warm ist. Der Unterschied

der Zulufttemperatur zwischen einem Kreuz- und einem Kreuz-Gegenstromwärmetauscher ist beträchtlich:

Außenluft

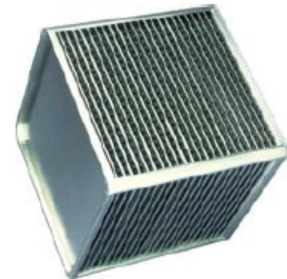
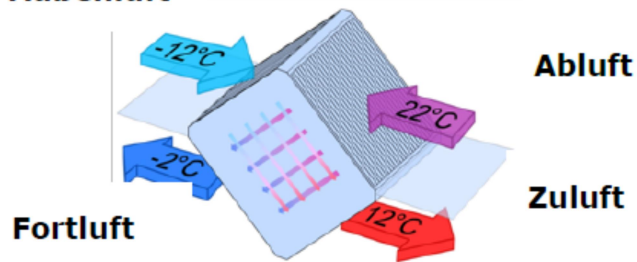


Abbildung 43: Temperaturverhältnisse
(www.komfortlüftung.at, 2014)

Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher

Außenluft

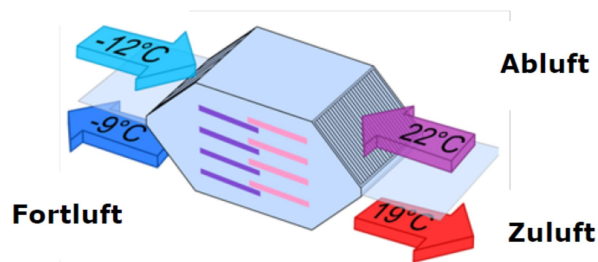


Abbildung 44: Temperaturverhältnisse
(www.komfortlüftung.at, 2014)

(Kreuz)-Gegenstrom-Plattenwärmetauscher

4.4.5 Wärme- und Feuchterückgewinnung

Es sind zwei Varianten der Feuchterückgewinnung möglich:

➤ Enthalpie-Wärmetauscher

Bei konventionellen Plattenwärmetauschern bestehen die Platten aus Aluminium oder thermoplastischen Kunststoffen. Setzt man stattdessen wasserdampfdurchlässige, aber luftdichte Materialien ein, so wird neben der Wärmeübertragung auch eine Feuchteübertragung von bis zu 70% erreicht (www.komfortlüftung.at, 2014).

Funktion: Die Wassermoleküle der abgesaugten Raumluft schlagen sich an den Übertragungsflächen des Wärmetauschers nieder. Dort wandern sie durch die Membrane. Dies wird als Osmose bezeichnet. An der Membranoberfläche der Zuluftseite werden die Wassermoleküle von der trockenen Außenluft aufgenommen und über die Zuluft in die Räume transportiert. Ab- und Zuluftströme sind dabei hermetisch voneinander getrennt, sodass eine Übertragung von organischen Partikeln oder Geruchsstoffen ausgeschlossen ist (Firma Helios, 2016).

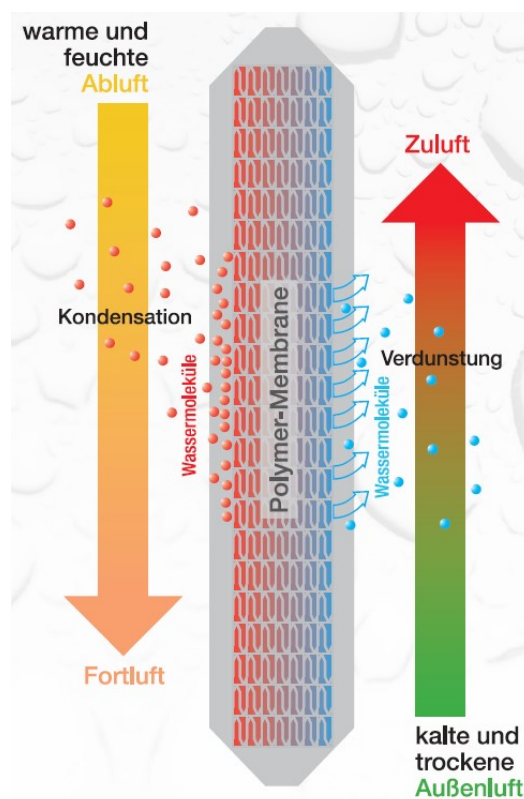


Abbildung 45: Funktion einer Feuchterückgewinnung über Enthalpie-Wärmetauscher (Firma Helios, 2016)

➤ Rotationswärmetauscher

Das Prinzip der Rotationswärmetauscher beruht auf einer rotierenden, kreisrunden, gelochten Speichermasse, die auf einer Hälfte von Außenluft und auf der anderen Hälfte von Abluft durchströmt wird. Durch die Rotation findet eine Übertragung von Wärme und Feuchte zwischen den beiden Luftströmen statt. Durch Veränderung der Rotordrehzahl kann die Übertragungsleistung von Null bis zu einem Optimalwert verändert werden (www.komfortlüftung.at, 2014).

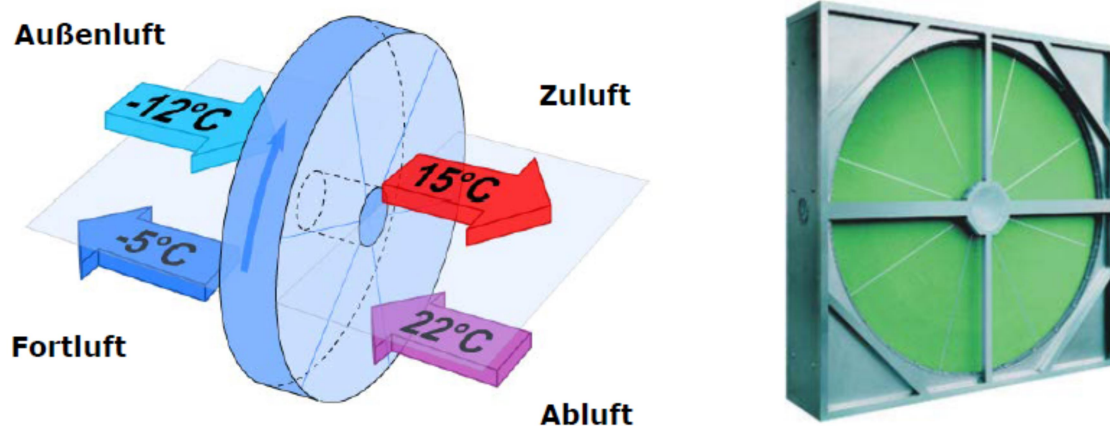


Abbildung 46: Rotationswärmetauscher (www.komfortlüftung.at, 2014)

Der Vorteil gegenüber Enthalpiewärmetauschern besteht darin, dass die Feuchterückgewinnung beim Rotor in einem gewissen Bereich durch Veränderung der Rotordrehzahl beeinflusst werden kann. Der Nachteil von Rotoren besteht in deren prinzipbedingter Leckage durch die schleifenden Dichtflächen (Bürsten), der zusätzlichen Luftmenge für die Spülzone und dem erforderlichen Rotorantrieb (www.komfortlüftung.at, 2014).

5. Planung von KWL-Anlagen nach ÖNORM H 6038

Basler & Hofmann schreiben, dass vor allem beim Bau von Mehrfamilienhäusern ein sehr großer Preisdruck herrscht, sodass keine seriöse Planung mehr stattfindet. Eine detaillierte Planung ist jedoch unabdingbar, da keine standardisierten Lösungen erhältlich sind.

Weiters wird beschrieben, dass selbst heutzutage Wohnungen mit mechanischen Lüftungsanlagen ausgerüstet werden, bei welchen kaum von einem System gesprochen werden kann. Es werden verschiedene Komponenten, welche nicht aufeinander abgestimmt sind, eingebaut (Basler & Hofmann, 2003).

Im Folgenden wird kurz die Planung bzw. Projektierung einer ordnungsgemäßen KWL-Anlage beschrieben:

5.1 Erforderliche Unterlagen für die Planung

Die folgenden Unterlagen sind für die Projektierung einer KWL-Anlage erforderlich (ÖNORM H 6038, 2014):

- Lageplan mit Angabe der Himmelsrichtung
- Grundriss der einzelnen Geschoße mit den entsprechenden Schnittdarstellungen
- Angaben über die Verwendung sowie – soweit vorhanden – die Einrichtungspläne für die einzelnen Räume
- Festlegung der gewünschten Funktionen für das Lüftungsgerät wie Art und Ausführung der Wärmerückgewinnung
- Anzahl der Personen in der Wohneinheit
- Angabe des maßgeblichen Außenlärmpegels
- Angaben über die Verbrennungsluftzufuhr für Feuerstätten
- Angaben über Bauart und Betrieb der Dunstabzugshaube

5.2 Durchführung der Projektierung

Für die Projektierung einer KWL-Anlage sind folgende Punkte erforderlich (ÖNORM H 6038, 2014):

- Festlegung der Zonengliederung für Zuluft-, Überström- und Ablufträume
- Festlegung der erforderlichen Zu- und Abluft-Volumenströme
- Festlegung der Zuluft-Einblastemperaturen
- Festlegung der maximal zulässigen Schallpegel in den Räumen
- Festlegung der Maßnahmen zur Erhaltung der Brandabschnitte
- Aufstellung und Funktion des Zu- und Abluftgerätes mit Wärmerückgewinnung einschließlich dessen Komponenten
- Festlegung der Funktionen der Automatisierungs- und Bedienungseinrichtung
- Anordnung der Außenluft- und der Fortluft-Durchlässe
- Anordnung der Zu-, Überström- und Abluft-Durchlässe
- Festlegung der Luftleitungsführung
- Wartung und Reinigung

5.3 Allgemeines

5.3.1 Zonengliederung

Abhängig von der Raumnutzung wird eine Einteilung in Zuluft-, Abluft- und Überströmräume vorgenommen (ÖNORM H 6038, 2014):

Raumart	Nutzung
Zulufräume	Schlaf-, Kinder-, Arbeits-, Wohn-, Gäste-, Esszimmer
Ablufträume	Küche, Bad, WC, Abstellraum
Überströmräume	Gang, Vorraum, Stiege

Abbildung 47: Beispiel einer Zuordnung zur Raumart (ÖNORM H 6038, 2014)

5.3.2 Dimensionierung

Nach erfolgter Zuordnung in Zuluft-, Abluft- und Überströmräume ist die Dimensionierung der Zu- und Abluft-Volumenströme vorzunehmen.

Die Dimensionierung der Außenluft-Volumenströme ist abhängig von den wichtigsten Raumluft-Bewertungsgrößen (ÖNORM H 6038, 2014):

- Raumluftfeuchte
- Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- Volatile Organic Compounds (VOC)

Metabolische Rate (Aktivitätsgrad) gemäß ÖNORM EN ISO 7730	CO ₂ -Abgabe pro Person	Außenluft rate pro Person für Ausgleichskonzentration in der Raumluft von 1000 ppm CO ₂	Außenluft rate pro Person für Ausgleichskonzentration in der Raumluft von 1400 ppm CO ₂
met	l/h	m ³ /h	m ³ /h
0,8 (ruhend)	14,4	24	14,4
1,0 (entspanntes Sitzen)	18	30	18
Die CO ₂ -Außenluftkonzentration wird mit einem Wert von 400 ppm angesetzt.			

Abbildung 48: Luftvolumenströme abhängig von der metabolischen Rate und der Kohlenstoffdioxid-Ausgleichskonzentration (ÖNORM H 6038, 2014)

Die für die Bemessung der Luftvolumenströme erforderliche Belegungszahl einer Wohnung darf anhand der Anzahl der Schlafplätze festgelegt werden (ÖNORM H 6038, 2014).

In der folgenden Abbildung werden die Werte für die Dimensionierung des Zuluftvolumenstromes, die zur Einhaltung einer Kohlenstoffdioxid-Konzentration von 1000 ppm in der Raumluft führen, angegeben.

Raumtype, Raumart	Zuluft- Volumenstrom Richtwert zur Unterschreitung der CO ₂ -Konzentration von 1000 ppm	Mindest-Abluft- Volumenstrom
	m ³ /h	m ³ /h
Schlafräum (Elternschlafzimmer, Kinderzimmer, Gästezimmer)	25 ^a pro Person	— ^b
Arbeitszimmer	30 pro Person	— ^b
Wohnzimmer (Esszimmer, Wohn-Esszimmer) für 1 bis 2-Personen-Haushalt ^c	30	— ^b
Wohnzimmer (Esszimmer, Wohn-Esszimmer) für > 2-Personen-Haushalt ^c	15 pro Person	— ^b
Kochnische oder Küche ^c	—	30
Badezimmer (auch mit WC), Hauptnutzung	—	30
WC-Raum, Hauptnutzung	—	15
^a Sofern keine luftqualitätsabhängige Betriebsweise realisiert wird, darf der Wert mit 20 m ³ /h pro Person angesetzt werden, wobei zu beachten ist, dass sich die CO ₂ -Konzentration gegebenenfalls über einem Richtwert von 1000 ppm einstellt. ^b Der verbleibende Abluft-Volumenstrom ist auf die anderen Ablufträume aufzuteilen, wobei ein Mindest-Abluftvolumenstrom von 10 m ³ /h je Abluftraum nicht unterschritten werden darf. ^c Bei Wohn-Esszimmern, ist der angegebene Volumenstrom als Summe aus Zuluft- und Überström-Volumenstrom zu verstehen. Der Abluft-Volumenstrom im Küchenbereich ist so zu wählen, dass eine Geruchsverschleppung größtenteils vermieden wird.		

Abbildung 49: Auslegungsvolumenströme je Person (ÖNORM H 6038, 2014)

Bei der Festlegung des Betriebs-Luftvolumenstroms im Rahmen der Inbetriebnahme ist die tatsächliche Belegung der Wohneinheit zu berücksichtigen.

Für untergeordnete Räume mit gelegentlicher Nutzung (z. B. Gästezimmer) kann der Betriebs-Luftvolumenstrom gegenüber dem Dimensionierungs-Luftvolumenstrom um bis zu 40 % reduziert werden. Damit kann eine Kohlenstoffdioxid-Ausgleichskonzentration von 1400 ppm gemäß Abbildung 49 im Regelfall eingehalten werden (ÖNORM H 6038, 2014).

5.3.3 Anordnung der Zuluft-, Überström- und Abluftdurchlässe

Zuluft- und Überströmdurchlässe sind so anzuordnen, dass im Aufenthaltsbereich eine hohe Lüftungseffektivität erreicht wird und keine störenden Zugerscheinungen auftreten.

Abluftdurchlässe sind in jenen Bereichen anzuordnen, in denen Feuchte und Gerüche entstehen, jedoch nicht unmittelbar über Dampfschwaden von Duschen, Badewannen und Kochherden (ÖNORM H 6038, 2014).

5.3.4 Aufstellung des Zu- und Abluftgerätes

Bei der Planung eines Wohnobjektes müssen der Platzbedarf für die Lüftungsgeräte und deren Komponenten sowie die erforderliche Wand- und Deckendurchführungen berücksichtigt werden. Bei der Wahl des Aufstellungsortes des Lüftungsgerätes sind Aspekte des Schallschutzes und der Energieeffizienz zu berücksichtigen. Aus schallschutztechnischen Gründen darf das Lüftungsgerät nicht unmittelbar angrenzend an Schlafräume situiert werden. Auf die leichte Zugänglichkeit zum Lüftungsgerät für Service-, Reinigungs- und Wartungsarbeiten ist zu achten (ÖNORM H 6038, 2014).

5.3.5 Festlegung der Luftleitungsführung

Grundsätzlich kann für Wohnobjekte mit mehreren Einzelanlagen für die Außenluft und Fortluft je eine gemeinsame Sammelleitung vorgesehen werden.

Es ist sicherzustellen, dass im Betrieb der einzelnen Anlagen keine Umkehr der Strömungsrichtung wegen der variablen Druckverhältnisse im System auftreten kann - Verhinderung von Geruchsübertragung (ÖNORM H 6038, 2014).

6. Vergleich unterschiedlicher Lüftungssysteme

In folgendem Kapitel, welches den empirischen Teil dieser Arbeit darstellt, werden zwei verschiedene Lüftungssysteme verglichen.

Es handelt sich bei diesem Vergleich um ein sich in der Planung noch befindliches Projekt, welches mit der Fa. Walter Bösch GmbH und der Fa. Drexel & Weiss ausgearbeitet worden ist. Die eingesetzten Zahlen und Werte sind zu einem Erfahrungswerte der beiden Herstellerfirmen, und zum anderen Preise aus den aktuellen Preislisten der beiden Hersteller.

Die in diesem Vergleich errechneten Werte sind abhängig vom Nutzerverhalten und können daher abweichen.

6.1 Projektbeschreibung

Als erstes wird das zu betrachtende Projekt erklärt, um das Ausmaß des Vergleiches zu erläutern.

Es werden folgende Maßnahmen untersucht:

- Jahresenergieverbrauch System A bzw. System B
- Betriebskostenvergleich System A bzw. System B
- Systemvergleich System A bzw. System B
- Investitionskostenvergleich System A bzw. System B

6.1.1 Gebäude

Das Gebäude, besteht aus einem Kellergeschoss und 4 oberirdischen Geschossen wird in der Landeshauptstadt Linz (Bundesland Oberösterreich) geplant. Es handelt sich dabei um eine Wohnhausanlage mit insgesamt 76 Wohneinheiten und einer Gesamtwohnnutzfläche von ca. 4.800 m². In Abbildung 50 sind die Grundrisse ersichtlich.



Abbildung 50: Grundriss Gebäude (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)

6.1.2 Problemstellung

Bei diesem Projekt stellte sich für die Bauherren bzw. Investoren die Frage, welches gleichwertige, alternative System, gegenüber dem Standardsystem (System A) noch möglich ist ohne die geplanten Investitionskosten zu überschreiten. In diesem Zuge wurde ein alternatives System (System B) definiert und verglichen.

6.2 System A

6.2.1 Beschreibung

Beim System A sind Außenwand-Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG für die Be- und Entlüftung von Aufenthaltsräumen wie Wohnzimmer, Schlafzimmer und Kinderzimmer vorgesehen. Zusätzlich sind Abluft-Einzelraumlüfter, welche über Dach die Abluft ausblasen, für die Entlüftung der Nassräume wie Badezimmer und WC geplant.

Für die Energie-, Investitions,- und Betriebskostenberechnung wurden folgende herstellerbezogene Produkte herangezogen:

ERL mit WRG: Fa.Bösch

Einzelraumlüfter: Fa.Wernig



Abbildung 51: Grundriss Wohnung EG, System A (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)

6.2.2 OPEX

6.2.2.1 Jahresenergiebedarf System A

Jahresenergiebedarf = Energiebedarf ERL mit WRG + Energiebedarf Einzelraumlüfter
--

➤ Energiebedarf ERL mit WRG (Firma Bösch, 2015):

Leistungsaufnahme je Gerät:	5,2	W
Energiebedarf je Gerät und Jahr:	45,55	kWh/a
Anzahl der Geräte:	221	Stk
<u>Energiebedarf ERL mit WRG:</u>	<u>10.067</u>	<u>kWh/a</u>

➤ Energiebedarf Einzelraumlüfter (Firma Wernig, 2015)

Leistungsaufnahme je Gerät:	21	W
Dauer Lüftung Badezimmer pro Tag:	4	h
Dauer Lüftung WC pro Tag:	3	h
Energiebedarf je Wohnung und Jahr:	53,66	kWh/a
Anzahl der Wohnungen:	76	
<u>Energiebedarf ERL:</u>	<u>4.078</u>	<u>kWh/a</u>

Jahresenergiebedarf = 10.067 kWh/a + 4.078 kWh/a = 14.145 kWh

6.2.2.2 Jahresstromkosten System A

Jahresstromkosten = Jahresenergiebedarf x Strompreis
--

Strompreis: 20 Cent/kWh (Strompreis Österreich, 2016)

Jahresstromkosten = 14.145 kWh x 0,20 €/kWh

Jahresstromkosten Gesamt =	2.829 €
----------------------------	---------

Jahresstromkosten je Wohnung =	37,22 €
--------------------------------	---------

6.2.2.3 Wartungskosten System A

2x jährlich Filterwechsel von zwei Rundfiltern je Gerät = 18,81€ (Firma Bösch, 2015)

Anzahl Geräte: 221

Gesamtkosten Filterwechsel pro Jahr = 2x 221Stück x 18,81€ = 8.314 €
--

6.2.3 CAPEX

221 Stk. Außenwand ERL mit WRG

152 Stk. Einzelraumlüfter WC/Bad

1 PA Montage, Wickelfalzrohre, Formstücke, Wärmedämmung, Brandschutzklappen, Verkabelung, Inbetriebnahme, etc

Gesamtkosten:	€ 260.000 exkl. UST
---------------	---------------------

Gesamtkosten je Wohnung:	€ 3.421 exkl. UST
--------------------------	-------------------

6.2.4 TOTEX

Investitionskosten:	260.000 €	exkl. UST
Stromkosten:	2.829 €	exkl. UST
Wartungskosten:	8.314 €	exkl. UST

6.3 System B

6.3.1 Beschreibung

Beim System B ist ein semizentrales Lüftungssystem mit WRG geplant. Die Situierung des Lüftungsgerätes ist noch offen, es kann jedoch im Kellergeschoss oder direkt am Dach platziert werden. Die Luftverteilung erfolgt in zentralen Schächten bis zu den einzelnen Regelorganen und weiters über ein Schlauchsystem, welches in der Stahlbetondecke eingelegt ist zu den einzelnen Zu- oder Abluftventilen. Die Regelung erfolgt wohnungsweise mittels Raumbediengeräten in den Wohnzimmern.

Bei der Energie-, Investitions,- und Betriebskostenberechnung wurden folgende herstellerbezogene Produkte herangezogen:

Zentrales Lüftungsgerät: Fa.Bösch/Centro 7500 – 7.500 m³/h

Regelorgan: Fa.Bösch/v-box 125

Luftverteilung: Fa.Bösch/Schlauchsystem DN75

Ventile: Fa.Bösch/ZDV, EFF

Raumbediengerät: Fa.Bösch/RBG-V

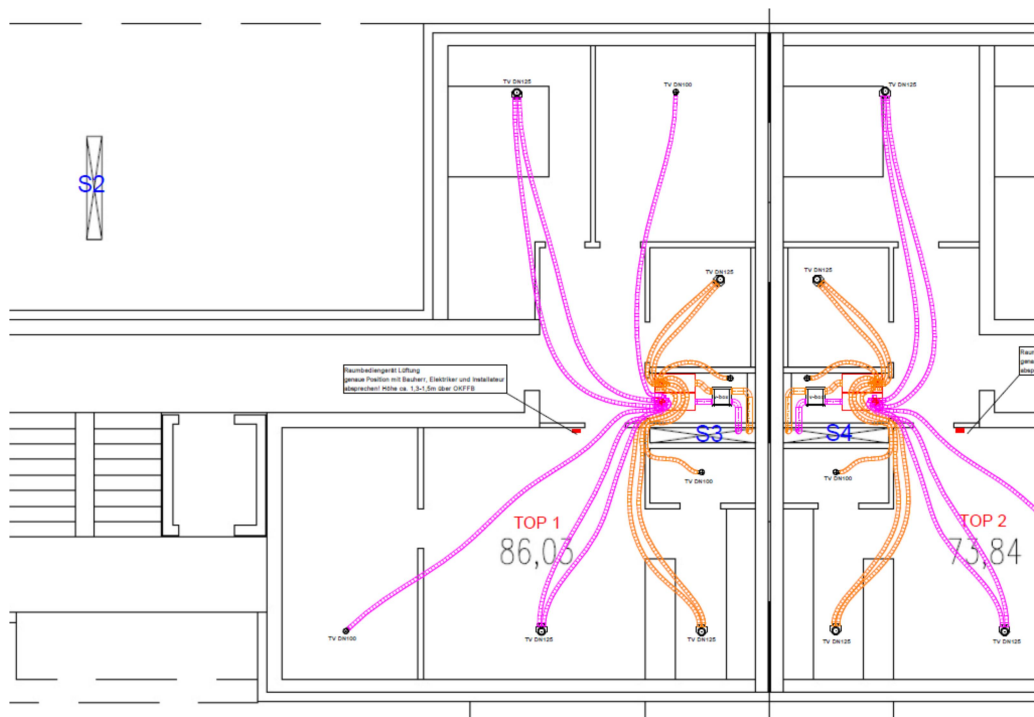


Abbildung 52: Grundriss Wohnung EG, System B (Eigene Darstellung, Filip Andic, 2015)

6.3.2 OPEX

6.3.2.1 Jahresenergiebedarf System B

Jahresenergiebedarf =

Energiebedarf Ventilatoren + Energiebedarf Steuerung + Energiebedarf v-box

➤ Energiebedarf Ventilatoren:

Leistungsaufnahme je Ventilator:	0,952	kW (bei 250Pa extern)
Anzahl Ventilatoren:	2	Stk
Leistungsaufnahme Ventilatoren:	1,904	kW
Ganzjähriger Betrieb der Anlage:	8760	h (24h, 365 Tage im Jahr)
<u>Energiebedarf Ventilatoren:</u>	<u>16.679</u>	<u>kWh/a</u>

➤ Energiebedarf Steuerung

Leistungsaufnahme Steuerung:	10	W
Ganzjähriger Betrieb der Anlage:	8760	h (24h, 365 Tage im Jahr)
<u>Energiebedarf Steuerung:</u>	<u>88</u>	<u>kWh/a</u>

➤ Energiebedarf v-box

Leistungsaufnahme je v-box:	3	W
Anzahl der v-boxen:	76	Stk
Ganzjähriger Betrieb der Anlage:	8760	h (24h, 365 Tage im Jahr)
<u>Energiebedarf v-boxen:</u>	<u>1.997</u>	<u>kWh/a</u>

Jahresenergiebedarf= 16.679 kWh/a + 88 kWh/a + 1.997 kWh/a = 18.764 kWh

6.3.2.2 Jahresstromkosten System B

Jahresstromkosten = Jahresenergiebedarf x Strompreis
--

Strompreis: 20 Cent/kWh (Strompreis Österreich, 2016)

Jahresstromkosten = 18.764 kWh x 0,20 €/kWh

Jahresstromkosten Gesamt =	3.753 €
----------------------------	---------

Jahresstromkosten je Wohnung =	49,38 €
--------------------------------	---------

6.3.2.3 Wartungskosten System B

1x jährlich Filterwechsel von zwei Filtern am Zentralgerät = 542 € (Firma Bösch, 2015)

Gesamtkosten Filter pro Jahr = 542€

6.3.3 CAPEX

1 Stk.	Zentralgerät Lüftung
76 Stk	v-box 125
76 Stk	Raumbediengeräte
69 Stk	Zuluftventil DN100
152 Stk	Zuluftventil DN125
175 Stk	Abluftventil DN100
128 Stk	Anluftventil DN125
152 Stk.	Einzelraumlüfter WC/Bad
1 PA	Montage, Wickelfalzrohre, Formstücke, Kanal, Schlauchsystem, Wärmedämmung, Brandschutzklappen, Fühler, Verkabelung mit KAT5, Inbetriebnahme, Pumpengruppe Heizregister, etc

Gesamtkosten:	€285.000 exkl. UST
Gesamtkosten je Wohnung:	€ 3.750 exkl. UST

6.3.4 TOTEX

Investitionskosten	285.000 €	exkl. UST
Stromkosten	3.753 €	inkl. UST
Wartungskosten	542 €	exkl. UST

6.4 Resultat

Die Stromverbrauchsanalyse und die Vergleiche basieren auf der Berechnung mit Erfahrungswerten, daher kann es zur Abweichung zwischen dem in der Praxis erreichten Strombedarf und dem errechneten Strombedarf kommen.

6.4.1 Gesamtkostenvergleich

System A	System B
ERL mit WRG	Semizentrales
+ Einzelraumlüfter	Lüftungssystem

Investitionskosten	€ 260.000	€ 285.000
---------------------------	------------------	------------------

Jährliche Stromkosten	€ 2.829	€ 3.753
------------------------------	----------------	----------------

Jährliche Wartungskosten	€ 8.314	€ 542
---------------------------------	----------------	--------------

Jährliche Betriebskosten der gesamten Anlage	€ 11.143	€ 4.295
Jährliche Betriebskosten je Wohnung	€ 146,62	€ 56,51

Einsparung jährlich	€ 6.848
	61%

6.4.2 Ergebnis

Neben den Invest- und Betriebskosten sind noch weitere Aspekte für einen realen Systemvergleich zu betrachten.

- 1) energetische Seite wie Lüftungswärmeverluste, Luftdichtheit des Gebäudes, etc...
- 2) Komfort wie Luftqualität, Bedienung, Schallpegel, etc...

Nach diesen zusätzlichen Aspekten ist ein direkter Vergleich dieser beiden Systeme nicht möglich. Weiters kann das System A nicht zu einer kontrollierten Wohnraumlüftung (lt. ÖNORM H 6038) gezählt werden, da laut der Ö-Norm das Grundprinzip der kontrollierten Wohnraumlüftung und der Geräuschpegel beim Betriebs-Luftvolumenstrom nicht eingehalten wird.

- 1) Grundprinzip der kontrollierten Wohnraumlüftung lt. ÖNORM H 6038 – Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung:

„Durch den Einbau einer kontrollierten mechanischen Lüftung wird grundsätzlich der gesamte Wohnbereich be- und entlüftet.“

„Es wird zwischen Zuluft-, Überström- und Ablufträumen unterschieden“

„In Zulufräumen ist die kontinuierliche Luftversorgung mit aufbereiteter Außenluft gegeben. In Ablufträumen werden Schad- und Geruchstoffe sowie Feuchte abgeführt.“

„Eine luftdichte Ausführung des Gebäudes unterstützt die Energieeffizienz, die Lüftungseffektivität, den thermischen Komfort und die hygienischen Anforderungen.“

- 2) Der Anlagengeräuschpegel beim Betriebs-Luftvolumenstrom in Aufenthaltsräumen hat der Vorgabe der OIB-Richtlinie 5 Schallschutz:2011, Abschnitt 2.6 „Schalltechnische Anforderungen an haustechnische Anlagen“ zu entsprechen. In der OIB-Richtlinie 5 sind folgende schalltechnische Anforderungen festgelegt (OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz, 2011):

Sofern eine mechanische Lüftungsanlage in der eigenen Nutzungseinheit vorhanden ist, dürfen für Aufenthaltsräume mit dem Schutzziel Schlaf (z.B. Aufenthaltsräume in

Wohnungen, ausgenommen Küchen) die Geräusche dieser Anlage, bezogen auf die lufthygienisch mindesterforderliche Betriebsart, einen äquivalenten Anlagengeräuschpegel $L_{Aeq,nT}$ von 25 dB, für Aufenthaltsräume mit dem Schutzziel Konzentration (z.B. Klassenräume) von 30 dB nicht überschreiten.

7. Fazit:

Durch die detaillierte Auseinandersetzung mit der Thematik und einer intensiven Literaturrecherche wurde immer deutlicher, dass eine ausreichende Belüftung von Aufenthalts- und Wohnräumen unumgänglich ist. Vor allem um unsere geistige und körperliche Leistungsfähigkeit zu erhalten, zur Vermeidung gesundheitlicher Beschwerden sowie zum Schutz der Bausubstanz kann heutzutage keinesfalls auf eine Lüftungsanlage verzichtet werden.

Da die Innenluftqualität und Gesundheit eng zusammenhängen ist für eine gute Raumluft ein regelmäßiger Luftaustausch in Innenräumen unerlässlich. Besonders wichtig ist der Luftaustausch vor allem in den Kinder- und Schlafzimmern und überall dort, wo sich die Menschen größtenteils aufhalten. Dieser erforderliche regelmäßige Luftaustausch ist über die natürliche Lüftung nicht mehr möglich, da die Gebäude zu dicht gebaut werden. Eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung stellt diesen Luftaustausch energiesparend sicher und trägt auf diese Weise zum Wohlbefinden und zur Gesundheit der Menschen bei. Durch die hochwertige Filterung der Außenluft ist man dem gesundheitsschädlichen Feinstaub, Pollen und Schimmelpilz deutlich weniger ausgesetzt.

Literaturverzeichnis

- Basler & Hofmann. (2003). *Gesundheitliche Aspekte der Komfortlüftungen im Wohnbereich*. Von https://www.energie-cluster.ch/admin/data/files/file/file/973/hygiene-studie_haessig_phase2.pdf abgerufen
- Bayerisches Institut für nachhaltige Entwicklung. (11. Juni 2016). Von <http://www.bifne.de/338.html> abgerufen
- bmlfuw. (18. Februar 2016). *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*. Von https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumlueftung/richtlinie_innenraum.html abgerufen
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland. (16. August 2016). <http://www.bund.net/>. Von http://bund-bs.de/aktuelles/bilder_aktuelles/groessenvergleich.gif abgerufen
- Eigene Darstellung, Filip Andic. (2015). S&P climadesign GmbH. *Eigene Darstellung*. Ohlsdorf.
- Firma Aerex. (18. April 2016). *AEREX HaustechnikSysteme GmbH*. Von [http://www.aerex.de/produkte/katalog/liste/g15340/außenluftdurchlaesse-\(ald\)](http://www.aerex.de/produkte/katalog/liste/g15340/außenluftdurchlaesse-(ald)) abgerufen
- Firma Bösch. (19. März 2015). *Walter Bösch GmbH & Co. KG*. Von <http://www.boesch.at/geschaeftskunden/anwendungen/wohnbau/lueftung> abgerufen
- Firma Camfil. (10. Dezember 2015). *Filterhandbuch 2015*. Von CAMFIL AUSTRIA GmbH: http://www.camfil.at/FileArchive/Product%20Detailed%20Info/Product%20catalogue/Product%20catalog_DE.pdf abgerufen
- Firma drexel und weiss. (15. Juni 2016). *drexel und weiss energieeffiziente Haustechniksysteme GmbH*. Von http://www.drexel-weiss.at/app/uploads/2015/08/900.8300_01_KA_EFH_DE_web.pdf download. abgerufen
- Firma ebmpapst. (16. August 2016). *ebm-papst Motoren & Ventilatoren GmbH*. Von http://www.ebmpapst.com/de/products/centrifugal-fans/centrifugal_fans.html?_ga=1.205273040.1513064711.1474052936 abgerufen
- Firma Helios. (16. August 2016). *Technischer Katalog KWL*. Von Helios Ventilatoren GmbH + Co KG : http://www.heliosventilatoren.at/pdf/helios_kwl_katalog.pdf abgerufen
- Firma Inventer. (15. August 2016). *inVENTer GmbH*. Von www.inventer.de: http://www.haustechnik-lotter.de/daten/image/inventer-luefter-wand.jpg abgerufen
- Firma KL-Lufttechnik. (16. August 2016). www.kl-lufttechnik.at. Von KL Lufttechnik OG: <http://www.kl-lufttechnik.at/index.php/produkte> abgerufen

- Firma KROBATH. (2. September 2016). *KROBATH protech GmbH*. Von <http://protech.krobath.com/beschreibung-und-technik.22.htm> abgerufen
- Firma Maico. (01. 12 2015). *Maico Elektroapparate-Fabrik GmbH*. Von <http://www.maico-ventilatoren.com/produkte/maico/katalog/liste/g5817/kleinraumventilatoren> abgerufen
- Firma Viessmann. (15. August 2016). *Viessmann Gesellschaft m.b.H.* Von http://www.viessmann.at/de/wohngebaeude/wohnungslueftung/dezentrale_wohnungslueftung/vitovent-200-d.html abgerufen
- Firma Viessmann. (15. August 2016). *Viessmann Gesellschaft m.b.H.* Von http://www.viessmann.at/content/dam/vi-brands/DE/Produkte/Wohnungslueftung/wohnungslueftung-dezentral.jpg/_jcr_content/renditions/original.image_file.460.258.file/wohnungslueftung-dezentral.jpg abgerufen
- Firma Wernig. (18. März 2015). *Johann Wernig KG*. Von [Kunststoff- u. Lüftungstechnik: https://www.wernig.at/produktpalette.html](https://www.wernig.at/produktpalette.html) abgerufen
- Firma Wolf. (16. August 2016). *Technische Dokumentation, Comfort-Kompakt-Lüftungsgerät*. Von Wolf Klima- und Heiztechnik GmbH: <http://www.wolf-heiztechnik.at/download/?file=239> abgerufen
- Hässig, W., Fotsch, P., & d'Epinay, L. (2003). *Gesundheitliche Aspekte der Komfortlüftungen im Wohnbereich*. Zürich: Basler & Hofmann - Ingenieure und Planer AG.
- Heyden, T. (17. April 2012). *Freie Lüftung*. Von IFA: https://www.bgrci.de/fileadmin/BGRCI/Veranstaltungen/Sifa_Frankfurt_2012_Bad_Kissingen/Freie_Lueftung_Thomas_von_der_Heyden.pdf abgerufen
- IKZ-Haustechnik. (18. August 2016). *www.ikz.de*. Von http://www.ikz.de/uploads/pics/0802_36.jpg abgerufen
- Jagnow, K., & Wolff, D. (2007). *Der Energieberater*. Köln: Verlag Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Kerschberger, A., Brillinger, M., & Binder, M. (2007). *Energieeffizient Sanieren, mit innovativer Technik zum Niedrigenergiestandard*. Berlin: Solarpraxis AG.
- KLA Komfortlüftungssysteme Austria. (08. 05 2016). *Gute Luft im ganzen Haus*. Von <http://www.komfortlüftungssysteme.at> abgerufen
- Königstein, T. (2008). *Ratgeber energiesparendes Bauen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Leitzinger, W. (2014). *Schulung, Komfortlüftung kompakt*. Linz, Oberösterreich: KLA Komfortlüftungssysteme Austria.
- OIB-Richtlinie 5 - Schallschutz. (2011). *www.oib.or.at*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik.

- ÖNORM H 6038. (2014). Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- Ranft, F., & Frohn, B. (2004). *Natürliche Klimatisierung*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Recknagel, H., Sprenger, E., & Schramek, E.-R. (2005). *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser und Kältetechnik*. München: Oldenbourg Verlag.
- Schlagnitweit, H., & Wagner, H. (2003). *Heizungs- und Lüftungsinstallation, Sanitär- und Klimatechnik*. Wien: Jugend & Volk.
- Schulz, M., & Westkämper, H. (2013). *Die neue Heizung*. Staufen bei Freiburg: ökobuch Verlag.
- Strompreis Österreich. (15. September 2016). *Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft*. Von <https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh> abgerufen
- Tappler, P. (2009). *Wegweiser für eine gesunde Raumluft*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Tappler, P. (2014). *Innenluftqualität und Gesundheit*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Tappler, P., Kunze, M., Koberger, H., Greml, A., Weiss, R., & Steinhäusler, C. (2012). Lüft! Haustechniksysteme, Energieeffizienz, Innenraumluft, Behaglichkeit. In IBO (Hrsg.), *Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen* (S. 142). Wien: IBO Verlag.
- Wikipedia. (10. 09 2016). www.wikipedia.org. Von https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Atmosphere_gas_proportions.svg abgerufen
- www.komfortlüftung.at. (25. Februar 2011). *Planungsleitfaden Komfortlüftung im MFH*. Von Verein [komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at) und Energie Tirol: http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/Planungsleitfaden_Komfortlueftung_im_MFH_V_1.0.pdf abgerufen
- www.komfortlüftung.at. (15. Februar 2014). *Wärme- und Feuchterückgewinnung*. Von http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at_-_Info_Nr._19_Waermerueckgewinnung_V_2.0.pdf abgerufen
- www.komfortlüftung.at. (16. August 2016). Von <http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/Filterklassen.gif> abgerufen

www.raumlucht.org. (18. August 2016). *IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie*. Von www.raumlucht.org/fileadmin/dokumente/raumlucht.org_-_Info_Luftmenge.pdf abgerufen

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Weiters habe ich die Reinschrift dieser Arbeit einer Korrektur unterzogen.

Attnang-Puchheim, den 27.09.2016

Filip Andic